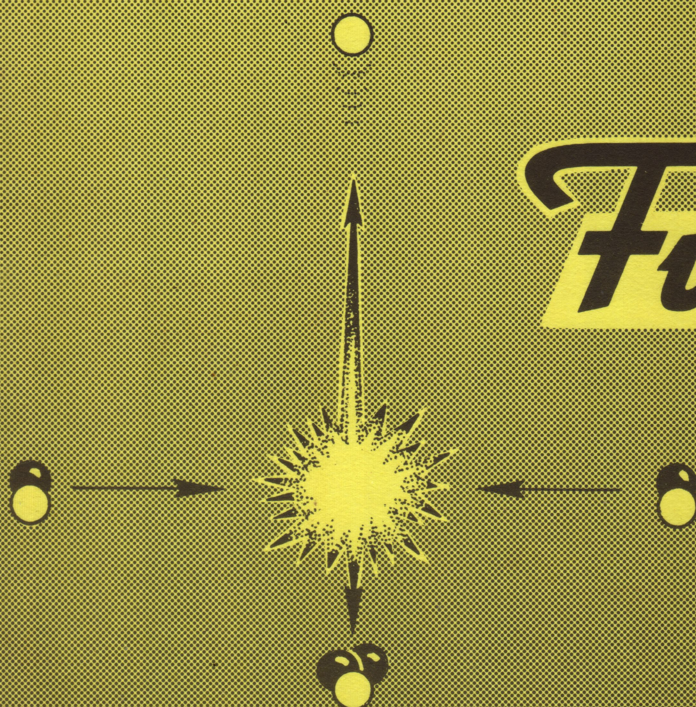


Fusioenen

FOM-Instituut voor Plasmafysica 'Rijnhuizen'

FOM-Instituut voor
Plasmafysica
Rijnhuizen
Nieuwegein

FUSIOENEN

3e Jaargang Nr.11 - Mei 1989

Fusioenen is een driemaandelijks verschijnende verzameling van Nederlandstalige* krantenknipsels, handelend over fusie-onderzoek en vrije-elektron lasers in de breedste zin des woords.
(*Een enkele maal kan van deze regel worden afgeweken)

Alhoewel Fusioenen in principe 4 x per jaar verschijnt, kan het voorkomen dat hiervan wordt afgeweken bij gebrek of een overvloed aan knipsels in een bepaalde periode.

Ondanks het feit dat een substantieel deel van het Nederlandse dag-, week- en maandbladen-aanbod zorgvuldig wordt gescreend, is het toch mogelijk dat we zo nu en dan een berichtje over het hoofd zien. Wanneer het aantal knipsels in een bepaalde periode te groot wordt, kan worden besloten om van knipsels welke erg sterk op elkaar lijken er slechts één te plaatsen. In zo'n geval zullen de bronnen van de niet geplaatste knipsels toch worden vermeld.

De knipsels zijn verzameld door knipsel-service Vaz Diaz te Amsterdam in samenwerking met Huub Eggen van het FOM-bureau.

Eindverantwoordelijkheid: Tony Donné

FOM-Instituut voor
Plasmafysica
Rijnhuizen
Nieuwegein

Inhoudsopgave

FOM-Instituut voor
Plasmafysica
Rijnhuizen
Nieuwegein

Voorwoord

Gezien de enorme overvloed aan artikelen in de afgelopen periode heb ik er wederom een groot aantal niet kunnen plaatsen. Hieronder volgen de namen:

24 maart:	Alkmaarse Courant, Dagblad West Friesland.
25 maart:	Dagblad Kennemerland, Helderse Courant, Provinciale Zeeuwse Courant, Schager Courant, Zaanlander.
28 maart:	Binnenhof, Drents Asser Courant, Emmer Courant, Goudse Courant, Haarlems Dagblad, Ijmuider Courant, Leeuwarder Courant, Leidse Courant, Nieuwe Noord-Hollandse Courant, Noord-Ooster, Rotterdams Nieuwsblad, Typhoon, Winschoter Courant.
29 maart:	Alkmaarse Courant, Amersfoortse Courant, Arnhemse Courant, Barneveldse Courant, Binnenhof, Brabants Nieuwsblad, Dagblad Kennemerland, Dagblad Rijn en Gouwe, Dagblad West Friesland, Deventer Dagblad, Dordtenaar, Drents Asser Courant, Eindhovens Dagblad, Emmer Courant, Enkhuizer Courant, Fries Dagblad, Gelders Overijsselse Courant, Goudse Courant, Graafschapsbode, Haagse Courant, Haarlems Dagblad, Helderse Courant, Helmonds Dagblad, Het Dagblad, Het Vrije Volk, Ijmuider Courant, Leeuwarder Courant, Leidse Courant, Limburger, Limburgs Dagblad, Nieuwe Apeldoornse Courant, Nieuwe Noord-Hollandse Courant, Nieuw Kamper Dagblad, Nieuwsblad, Nijmeegs Dagblad, Noord-Ooster, Provinciale Zeeuwse Courant, Rotterdams Nieuwsblad, Schager Courant, Twentse Courant, Typhoon, Vallei, Winschoter Courant, Zaanlander, Zutphens Dagblad, Zwolse Courant.
30 maart:	Eindhovens Dagblad, Haarlems Dagblad, Helmonds Dagblad, Ijmuider Courant, Nieuwe Noord-Hollandse Courant, Noord-Ooster.
31 maart:	Binnenhof, Dagblad voor Noord-Limburg, Deventer Dagblad, Drents Asser Courant, Emmer Courant, Gelderlander, Gelders Overijsselse Courant, Het Vrije Volk, Leids Dagblad, Leidse Courant, Limburger, Nieuwe Apeldoornse Courant, Nieuwsblad v/h Noorden, Noord-Ooster, Utrechts Nieuwsblad, Vallei, Veluws Dagblad, Winschoter Courant.
1 april:	Arnhemse Courant, Brabants Nieuwsblad, Dagblad voor Almere, Dagblad Rijn en Gouwe, Dagblad Tubantia, Dagblad voor Noord-Limburg, Dordtenaar, Edese Courant, Helmonds Dagblad, Het Dagblad, Leids Dagblad, Limburger, Nieuwe Apeldoornse Courant, Nieuwsblad v/h Noorden, Nijmeegs Dagblad, Provinciale Zeeuwse Courant, Twentse Courant, Vallei, Zutphens Dagblad.
3 april:	Binnenhof, Dordtenaar, Haarlems Dagblad, Leidse Courant, Twentse Courant.
4 april:	Alkmaarse Courant, Binnenhof, Dagblad Kennemerland, Dagblad voor Almere, Dagblad voor Noord-Limburg, Dagblad West Friesland, Deventer Dagblad, Dordtenaar, Drents Asser Courant, Eindhovens Dagblad, Emmer Courant, Gelders Overijsselse Courant, Gooi en Eemlander, Haarlems Dagblad, Helderse Courant, Helmonds Dagblad, Leidse Courant, Nieuwe Apeldoornse Courant, Provinciale Zeeuwse Courant, Sallands Dagblad, Twentse Courant, Vallei, Winschoter Courant, Zaanlander.
5 april:	Dagblad Kennemerland, Helderse Courant, Schager Courant, Zaanlander
7 april:	Alkmaarse Courant, Amersfoortse Courant, Binnenhof, Brabants Dagblad, Brabants Nieuwsblad, Dagblad voor Almere, Dagblad Kennemerland, Dagblad Tubantia, Dagblad voor Noord-Limburg, Dagblad Rijn en Gouwe, Dagblad West Friesland, Deventer Dagblad, Drents Asser Courant, Eindhovens Dagblad, Emmer Courant, Enkhuizer Courant, Gelders Overijsselse Courant, Gooi en Eemlander, Goudse Courant, Haarlems Dagblad, Haagse Courant, Helderse Courant, Helmonds Dagblad, Het Dagblad, Het Nieuwe Land, Het Vrije Volk, Leids Dagblad, Leidse Courant, Limburger, Nieuwe Apeldoornse Courant, Nieuwe Noord-Hollandse Courant, Nieuw Kamper Dagblad, Nieuwsblad, Nieuwsblad v/h Noorden, Noord-Ooster, Sallands Dagblad, Schager Courant, Twentse Courant, Typhoon, Utrechts Nieuwsblad, Vallei, Winschoter Courant, Zaanlander, Zutphens Dagblad, Zwolse Courant.
8 april:	Leeuwarder Courant.
10 april:	Arnhemse Courant, Dagblad voor Almere, Dagblad Tubantia, Edese Courant, Gooi en Eemlander, Graafschapsbode, Leeuwarder Courant, Nijmeegs Dagblad, Utrechts Nieuwsblad, Zaanlander.

FOM-Instituut voor
Plasmafysica
Rijnhuizen
Nieuwegein

11 april:	Binnenhof, Dagblad voor Noord-Limburg, Eindhovens Dagblad, Haarlems Dagblad, Helmonds Dagblad, Het Vrije Volk, Ijmuider Courant, Leids Dagblad, Leidse Courant, Nieuwe Noord-Hollandse Courant, Typhoon.
12 april:	Drents Asser Courant, Emmer Courant, Noord-Ooster, Winschoter Courant.
13 april:	Amersfoortse Courant, Leids Dagblad.
15 april:	Nieuws v/d Dag.
18 april:	Reformatorisch Dagblad.
19 april:	Dagblad Tubantia, Nieuwsblad v/h Noorden.



Ontdekkers kernfusie bij kamertemperatuur geloofden niet in de eigen plannen

'We hadden een kans van 1 op de miljard'

Stanley Pons (links) en Martin Fleischmann bij hun „krankzinnig eenvoudige" proefopstelling, waarmee zij mogelijk een doorbraak hebben bereikt in de kernfusie.

NEW YORK — „Toen wij ruim vijf jaar geleden dit experiment begonnen, zeiden wij een kans van één op de miljard te hebben. Stan en ik dachten dat het zó dom was, dat wij het maar zelf financierden, met ongeveer 100.000 dollar." Hoe simpel en eenvoudig hun methode van werken in hun eigen ogen ook scheen, Martin Fleischmann, professor in de elektrochemie aan de universiteit van Southhampton in Groot-Brittannië en Stanley Pons, hoofd van de afdeling chemie van de universiteit in de Amerikaanse staat Utah, hebben mogelijk een revolutionaire doorbraak in de kernfusie bereikt.

De universiteit van Utah heeft in ieder geval al patent op de technologie van Fleischmann en Pons aangevraagd. Want, aldus een woordvoerder: „Er zijn aanwijzigingen voor dat hun ontdekking vrij gemakkelijk in een bruikbare technologie voor het produceren van warmte en energie kan worden veranderd, ofschoon verder werk nodig is om de wetenschappelijke implicaties te begrijpen en de waarde van de vondst voor een lonende produktie van energie na te gaan."

Sinds de jaren vijftig wordt er overal op de wereld met grote en kostbare installaties gezocht naar een bruikbare methode van kernfusie. Met de versmelting van atoomkernen geloven geleerden de mensheid een vrijwel onuitputtelijke, goedkope bron van energie te kunnen geven, die bovendien veel schoner en veiliger is dan de huidige vorm van kernenergie, waarbij atoomkernen worden gesplitst. De brandstof voor een fusiereactor, deuterium of zware waterstof, is in de oceanen welhaast onbeperkt aanwezig. De belangrijkste verbinding is dideuteriumoxide of zwaar water.

Hitte

De door Fleischmann en Pons ontwikkelde installatie, die nog het meest lijkt op een in serie geschakelde reeks reageerbuisjes, bestaat in hoofdzaak uit twee, door zwaar water omgeven elektroden van platina en palladium (ook een metaal), waardoor stroom wordt gevoerd. In de palladiumelektrode speelt zich volgens beide onderzoekers het fusieproces af. „De warmteontwikkeling die daarbij ontstaat houdt gedurende lange tijd aan, verhoudt zich tot het volume van de elektrode en is zo groot dat zij alleen door kernfusie is te verklaren," aldus Fleischmann. Bovendien ontstaan bij het proces neutronen en tritium, nevenprodukten die bij kernfusie zijn te bereiken.

De palladiumelektrode absorbeert en scheidt de waterstofionen van het deuterium. Deze ionen hebben een extra neutron. Daarop versmelten of fuseren de waterstofatomen, waardoor een heliumatoom ontstaat én een extra proton. Of zij vormen tritium, een radioactieve vorm van waterstof met twee extra neutronen én een proton — plus in beide gevallen energie in de vorm van hitte in onuitputtelijke hoeveelheden.

Het hoofd van de universiteit van Utah vat het aldus samen: „De brandstof deuterium wordt door elektrische kracht in enorm compacte concentraties in de 'ruimten' in het palladium gedreven. Daardoor ontstaat een fusiereactie, die water verhit in een vat om de reactor heen. Dit gaat daardoor koken, waardoor er stoom ontstaat, die kan worden gebruikt voor de aandrijving van een turbine, die stroom levert."

Aan de simpele en goedkope methode van Fleischmann en Pons zijn de andere kernfysici tot nu toe kennelijk voorbijgegaan. Beide geleerden onderzochten in eerste instantie onafhankelijk van elkaar de eigenschappen van isotopen van deuterium en werden beiden geconfronteerd met 'vreemde resultaten'. Toen ze het er tenslotte op waagden samen een proefopstelling te maken, waren ze echter nog zó sceptisch, dat ze het onderzoek alleen op eigen houtje durfden op te zetten.

De eerste aanwijzing dat zij een nieuwe vorm van fusie-energie hadden ontdekt was voor de onderzoekers het moment waarop een palladiumelektrode begon te smelten, terwijl het smeltpunt van dit edelmetaal ruim boven de 1550 graden Celsius ligt. „Wij wilden niet geloven dat wij 'ontsteking' hadden," aldus Pons, „maar nu zijn wij ervan overtuigd dat wij een veilige kernfusiereactie bereikten, die een grote hoeveelheid energie opleverde." Palladium is in stabiele ofwel metaaltoestand zilverkleurig, staat bekend om zijn grote vermogen tot opneming van waterstof en is vrij zeldzaam, met belangrijke vindplaatsen in de Sovjetunie, Zuidafrika en Canada.

De ontdekking gebeurde bij kamertemperatuur, een verrassing voor de wetenschap die er tot nu vanuit ging dat kernfusie alleen mogelijk was door intense hitte, met temperaturen van miljoenen graden Celsius, of door deeltjesversnellers.

Fleischmann: „Door toevoering van de elektrische energie wordt de reactie op gang gebracht. Maar als de reactie eenmaal op gang is, gaat zij na het punt, waarop de produktie lonend wordt, nog meer dan honderd uur door. Zodat er aanzienlijk meer energie wordt geproduceerd dan verbruikt, en een nuttig rendement van 1000 percent mogelijk moet worden geacht. De produktie van hitte gaat zó lang door en is zó groot, dat zij alleen door een nucleair proces kan worden verklaard."

Volgens Fleischmann en Pons bevat één kubieke meter zeewater evenveel energie in de vorm van deuterium als voortkomt uit de verbranding van 40 ton kolen.

De Londense Financial Times noemde de vondst al „krankzinnig simpel". De FT: „Als hun ontdekking wordt bevestigd, hebben zij een lange weg afgelegd naar het temmen van de krachten van de zon en de waterstofbom. Die kunnen vrijwel onbeperkt schone en goedkope energie leveren."

Dr. Mick Lomer, hoofd van het fusielaboratorium van het Britse kernenergiebureau, zei in eerste instantie sceptisch te zijn, maar open te staan voor wat de twee wetenschappers hebben gedaan. „Wij zullen ons uiterste best doen om het experiment te herhalen," zei hij.

De wetenschappelijke en financiële inspanningen die de afgelopen decennia zijn verricht om kernfusie te ontwikkelen, zijn enorm. De Europese landen werken al lange tijd samen in het Euratom en het JET (Joint European Torus)-project.

Tijdens proeven bleek steeds dat het energieverlies bij kernfusie veel groter was dan theoretisch werd verondersteld. Deskundigen gingen er lange tijd vanuit dat het zeker tot het jaar 2010 zou duren, voordat kernfusie commercieel toepasbaar zou zijn. Daarentegen geloofde men in de jaren vijftig al aan de vooravond van de ontdekking te staan en ruim voor de eeuwwisseling met kernfusie op commerciële basis te kunnen starten.

Fleischmann: „Stan en ik hadden het vaak over waanzinnige experimenten. We hebben elk een flinke staat van dienst waar het gaat om het laten werken van onmogelijke experimenten. In dit geval was de inzet zo hoog dat we het gewoon moesten uitproberen."

Kernfusie of onzin?

Vorige week deden twee electro-chemici de wetenschappelijke wereld versteld staan met een uit eigen zak bekostigde proef die weinig ingewikkelder oogt dan de eerste de beste opstelling voor de electrolyse van water. Niets minder dan een kernfusie bij kamertemperatuur was echter het resultaat van de proef, zo beweren zij.

Hoewel er nog veel zal moeten worden uitgeplozen zijn de meeste geleerden het al wel over een ding eens: als het inderdaad waar is wat de beide scheikundigen claimen, dan hebben ze in een gewoon aquarium de ontdekking van de eeuw gedaan.

Een vele duizenden malen krachtiger proces dan kernsplijting (vijftig jaar geleden ontdekt door Hahn en Strassmann) is kernsamensmelting, de fusie van atoomkernen die alleen bij zeer hoge temperaturen en drukken mogelijk is. De waterstofbom, waarbij een kernsplijtingsbom slechts als ontsteking dient, is de enige vorm waarin de mens tot nu toe die hoge druk en temperatuur heeft bereikt.

De mens is al decennia lang bezig na te gaan of en hoe het mogelijk is fusieprocessen langzaam, dus niet explosief, te laten verlopen met het doel de enorme hoeveelheden vrijkomende energie voor vreedzame toepassingen aan te wenden. Een tot op heden nog onoverkomelijk probleem wordt gevormd door die ongelofelijk hoge temperaturen en drukken die moeten worden bereikt voordat fusie plaats kan vinden.

Het fusieproces vindt plaats in de zon bij een temperatuur van zeventien miljoen graden en een druk van enkele miljoenen atmosfeer. Hier op aarde is zo'n druk nauwelijks haalbaar zodat de temperatuur, willen kernen fuseren, navenant hoger moet zijn. Men experimenteert dan ook al enige tijd met superhete plasma's die tot maar liefst 100 miljoen graden moeten worden 'opgestookt' om het fusiestadium te bereiken.

Zowel in buitenlandse als in Nederlandse onderzoeksinstituten bestaat dat plasma uit een mengsel van twee isotopen van waterstof, deuterium (D) en tritium (T) dat zo sterk is verhit dat de atoomkernen hun electronen zijn verloren en als vrije, electrisch geladen deeltjes naast elkaar bestaan.

In het FOM-Instituut voor Plasmafysica Rijnhuizen (FOM is een afkorting van Fysisch Onderzoek van de Materie) in het Utrechtse Nieuwegein is sedert eind januari van dit jaar een nieuw fusie-experiment in gebruik genomen waarbij het superhete plasma door een sterk magneetveld lang genoeg bij elkaar moet worden gehouden om de kans op een fusie-botsing tussen twee deeltjes groot genoeg te maken. Men noemt dit 'magnetische opsluiting'.

Evenals aan de vereiste temperatuur, is ook al aan de vereiste dichtheid én de opsluitingsgraad van het plasma voldaan. Het probleem is alleen dat dat nog niet gelijktijdig is gelukt en de combinatie van die drie factoren vormt een eerste vereiste voor een succesvolle fusie van de genoemde kernen D en T.

In buitenlandse onderzoekscentra (bijvoorbeeld te Berkeley, Rochester en Osaka) experimenteert men ook met talloze intense laserbundels waarmee speciale bolletjes gevuld met het D-T mengsel tot extreem hoge temperaturen worden gebracht om te zien of dat tot het gewenste resultaat leidt. Allerwege koestert men goede hoop dat de intensieve experimenten binnen afzienbare tijd tot een doorbraak zullen leiden. De verbazing van de duizenden wetenschappers die zich over de gehele wereld met kernfusie-experimenten bezighouden, is dan ook voorstelbaar.

Als een donderslag bij heldere hemel maakten twee electro-chemici, de Brit Martin Fleischman en de Amerikaan Stanley Pons van de universiteit van Utah, op 24 maart bekend dat het hun gelukt was kernfusie te laten plaatsvinden bij kamertemperatuur. Zij gebruikten daarvoor een grote bak met 'zwaar water', hingen daar staven palladium en platina in en verbonden deze met een sterke stroombron. De uit het mengsel afkomstige waterstofdeeltjes hoopten zich met groot geweld op in de staven waardoor daar een zeer hoge druk ontstond. Gedurende dat proces toonden hun metingen aan dat in de staven tritium en neutronen vrij kwamen: een vingerwijzing in de richting van een kernfusieproces, zeggen zij. Volgens zijn collega Stanley Pons is de proef vanaf het begin tot op het moment dat men besloot de resultaten wereldkundig te maken zeker al twintig keer efficiënter gemaakt.

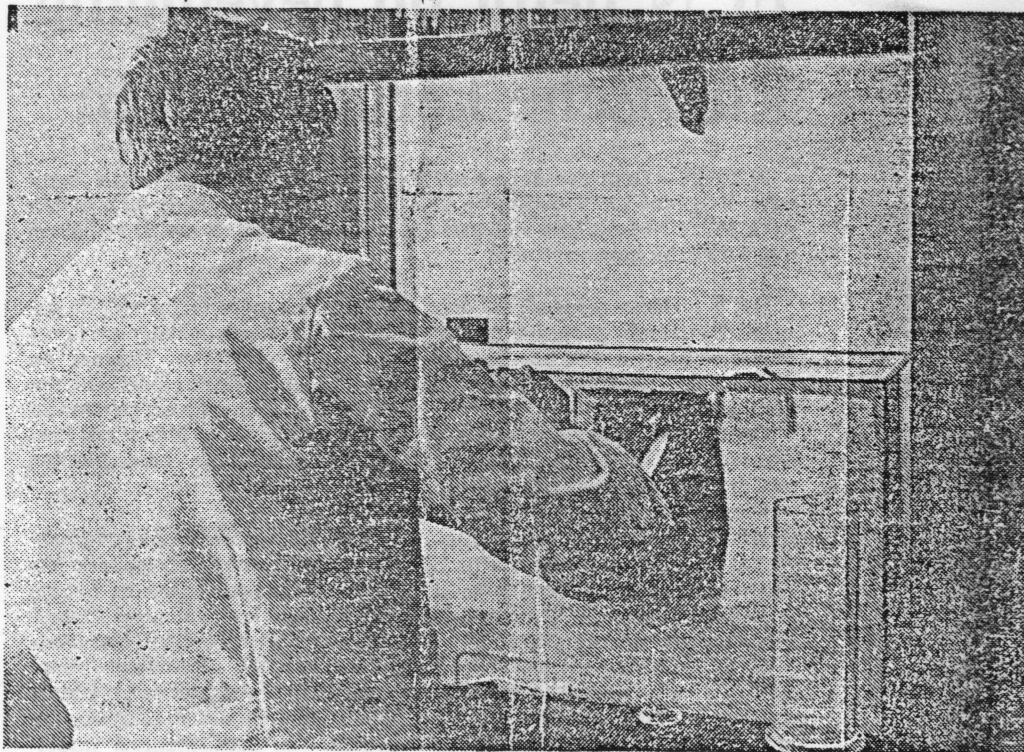
Professor dr. M. J. van der Wiel, directeur van het FOM-Instituut voor Plasmafysica Rijnhuizen te Nieuwegein, houdt nog een slag om de arm: „Als het inderdaad zo is dat er tritium en neutronen zijn gemeten dan heeft er kernfusie onder wel zeer bijzondere omstandigheden plaatsgevonden. Het verschijnsel van opeenhoping van waterstof in palladium is al langer bekend, maar wat de onderzoekers nu claimen is een druk die honderdduizend maal hoger is dan oorspronkelijk gemeten waarden".

„Wij hadden de proef zelf ook betrekkelijk gemakkelijk kunnen doen als we over voldoende zwaar water beschikten. Bovendien moeten ook maatregelen worden genomen ter bescherming tegen de vrijkomende neutronen; dat vereist enige voorbereiding. Maar we zullen in de komende weken nagaan of 't allemaal klopt. En als dat het geval is dan mag gerust van de vinding van de eeuw worden gesproken", aldus prof. Van der Wiel.

Hoe is het nu mogelijk dat zoiets simpels zoals de beide onderzoekers deze vondst noemen, tot dusverre over het hoofd is gezien?

Volgens Van der Wiel maken dit soort grote verrassingen de wetenschap natuurkunde juist tot zo'n intrigerend gebied: 'Een aantal jaren geleden was supergeleiding ook alleen maar mogelijk bij condities van vloeibaar helium en nu is datzelfde al bij belangrijk hogere temperaturen te realiseren.'

HUIZER KERNFYSICUS SLAAGT IN NABOOTSEN PROEF KERNFUSIE



Een in Huizen woonachtige Finse professor, Igmar Levson, is er als een der eersten in Nederland in geslaagd een opzienbarend Amerikaans kernfusie-experiment te herhalen. De 42-jarige Levson was een van de vele kernfysici in Nederland die deze week koortsachtig zochten naar de sleutel tot het experiment van de Universiteit van Utah, dat vorige week wereldkundig werd gemaakt.

Twee Amerikaanse wetenschappers, Pons en Fleischmann, maakten vorige week wereldnieuws toen zij meldden dat zij erin geslaagd waren kernfusie tot stand te brengen op een naar zij zeiden ,,belachelijk eenvoudige'' wijze. Kernfusie is een chemisch proces dat zon en sterren hun hitte geeft en dat - industrieel toegepast — een oplossing zou kunnen betekenen voor de huidige energieproblemen. Zo zou het kernenergie overbodig maken. Pons en Fleischmann gebruikten bij hun proef slechts zwaar water (het zogeheten Deuterium), en twee elektroden van de edelmetalen palladium en platina.

Levson

Het nieuws uit Amerika sloeg onder wetenschappers in als een bom. Zo ook bij de uit Helsinki afkomstige Levson. Hij is sinds 1986 woonachtig in Huizen en werkt bij het FOM-instituut voor plasmafysica in Nieuwegein. Daar heeft hij deze week met collega prof. Van der Wiel gezocht naar de mogelijkheden om het Amerikaanse experiment na te bootsen.

,,Dat nabootsen wil iedere wetenschapper; al is het maar om de berichten te kunnen controleren. In eerste instantie vingen we bot'', aldus verklaarde Levson desgevraagd. ,,We hebben een proefopstelling gemaakt op basis van de krantenberichten, maar dat werkte niet. We zijn de afgelopen week met behulp van geleidingsdeskundigen en technici van TNO uit Delft in de weer geweest, en woensdag was het raak.'' Lirpa noemt de opstelling die in Nieuwegein is gemaakt, inderdaad ,,kinderlijk eenvoudig''. Enerzijds verbazingwekkend, anderzijds zegt hij er ook niet van onderstebovden te zijn: ,,Per slot van rekening zijn veel grote doorbraken in de wetenschap op kinderlijk eenvoudige wijze tot stand gebracht: neem de gloeilamp en de telefoon'', betoogt Levson.

Demonstratie

De winkeliersvereniging Hart van Huizen is deze week onmiddellijk ingesprongen op de ontdekking van de in Huizen woonachtige kernfysicus. ,,We zouden natuurlijk wel heel dom zijn als we dit als winkeliers lieten lopen'', verklaarde een woordvoerder van het Hart van Huizen.

Winkeliers en marktkooplui hebben daarom de handen ineen geslagen om munt te slaan uit deze wetenschappelijke ontdekking. Het winkelpand de Huizerhof — het staat al weer enige tijd te koop — is voor een dag afgehuurd. Daar zal professor I. Levson zaterdag vanaf 12.00 uur tot 16.00 uur een demonstratie geven van de nabootsing van de proef van de twee Amerikaanse wetenschappers. Een buitenkansje voor Huizers dus, om gratis kennis te maken met wat wel eens een doorbraak zou kunnen betekenen in onze nationale energievoorziening.

De toegang tot de Huizerhof aan de Voorbaan is bewust gratis gehouden, meldt de woordvoerder van de winkeliers: ,,dit is zo'n goodwill voor Huizen, daar mag je geen geld voor vragen''. En inderdaad: het NOS-journaal heeft al aangekondigd de eerste proef om 12.00 uur te zullen filmen ten behoeve van het half zes-journaal.

ECN helpt bij beveiliging Russische kernreactoren

PETTEN – Door een deze week afgesloten overeenkomst tussen Russische, Belgische en Nederlandse instellingen voor kernenergetisch onderzoek zullen Nederlandse wetenschappers gaan bijdragen aan de veiligheid van Russische kernreactoren.

Dat is gisteren meegedeeld door ir. A. Versteegh, programmaleider nucleaire energie van het Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN) in Petten.

De samenwerkingsovereenkomst was eerder in 1986 voor een periode van drie jaar afgesloten. In dat tijdvak lag het accent vooral op fundamenteel kernfysisch onderzoek, omdat de Russische contractpartij bezwaar maakte tegen een vrije uitwisseling van know-how over onder meer veiligheid van reactoren.

Na de kernramp bij Tsjernobyl in april 1987 is de Russische opstelling volgens ir. Versteegh sterk gewijzigd. Er kon, zelfs op Russisch aandringen, overeenstemming worden bereikt over kennis-uitwisseling over onder meer veiligheid, de gevolgen van kernongevallen en geavanceerde reactoren. Volgens de woordvoerder heeft Nederland een ruime voorsprong op het gebied van reactorveiligheid en is daar van Russische zijde grote belangstelling voor.

Van de tot 1992 lopende overeenkomst profiteren onder meer de Nederlandse universiteiten en het Instituut voor Fundamenteel Onderzoek der Materie (FOM). Met name laatstgenoemde instelling hoopt volgens ir. Versteegh te profiteren van de grote Russische kennis op het gebied van fundamenteel onderzoek, fusiereactoren en plasmafysica.

De verbazing van duizenden wetenschappers die zich over de gehele wereld met kernfusie-experimenten bezig houden, is nog maar nauwelijks weggeëbd. Als een donderslag bij heldere hemel maakten twee elektro-chemici van de universiteit van Utah, de Brit Martin Fleischmann en de Amerikaan Stanley Pons, vorige week bekend dat het hen gelukt was kernfusie te laten plaats hebben bij kamertemperatuur. Veel wijst in de richting van 'de ontdekking van de eeuw', maar er resten nog veel vragen.

Nog veel vragen rond 'vinding van de eeuw'

door Ben Apeldoorn

Eind vorige week deden twee elektro-chemici de wetenschappelijke wereld versteld staan met een uit eigen zak bekostigde proef die weinig ingewikkelder oogt dan de eerste de beste opstelling voor de elektrolyse van water, maar waarmee niets minder dan kernfusie bij kamertemperatuur kan worden bereikt.

Hoewel er nog veel zal moeten worden uitgeplozen zijn de meeste geleerden het al over één ding eens: als het inderdaad waar is wat de beide scheikundigen claimen te hebben bereikt, dan hebben ze in een gewoon aquarium de ontdekking van de eeuw gedaan; ze zullen er zonder twijfel de Nobelprijs voor krijgen, de wereldeconomie zal op z'n kop komen te staan en de problemen met nucleair afval en de verdere (radioactieve) vervuiling en besmetting van het milieu zullen binnen vijftien tot twintig jaar goeddeels tot het verleden behoren.

Het is eigenlijk heel toevallig dat deze ontdekking, die aanvankelijk door de meeste geleerden voor een vervroegde 1 april-grap werd versleten, op enkele maanden na precies 50 jaar plaats heeft nadat de mens er voor het eerst in slaagde een atoomkern te splijten (Hahn en Strassmann in januari 1939).

Als gevolg van dat eerste gedenkwaardige en tegelijkertijd vreeswekkende moment zit de wereld nu opgescheept met een enorme hoeveelheid nucleair vernietigingstuig en met een aantal kerncentrales waarvan niet alleen aan de veiligheid ervan mag worden getwijfeld, maar waarvan ook de levensgevaarlijke afvalproducten inmiddels torenhoge afmetingen hebben bereikt.

Samensmelting

Bij het splijten van met name zware atoomkernen komt veel meer energie vrij dan we ooit uit fossiele brandstoffen als aardolie, aardgas en steenkool zullen kunnen vrijmaken. Vooral vanwege de schier onuitputtelijke reeksen het leven veraangenamende elektrische toestellen die de laatste decennia door de industrie op miljoenen gretig toehappende huishoudens werden losgelaten, is de behoefte aan energie in diezelfde tijd exponentieel gestegen. Behalve door met gas en kolen gestookte energiecentrales, achtten beleidsmakers zich genoodzaakt de massale vraag naar energie ook met behulp van kerncentrales het hoofd te bieden.

Een nog veel krachtiger proces dan kernsplijting is kernsamensmelting: de fusie van atoomkernen, wat alleen bij zeer hoge druk en temperatuur mogelijk is. De mens zou de mens niet zijn om ook daarvan eerst wapens te fabriceren: de fusiebom of, met een meer bekende aanduiding: de waterstofbom. Een veel krachtiger wapen dan de splijtingsbom waarvan er in augustus 1945 twee boven de Japanse steden Hirosjima en Nagasaki tot ontploffing werden gebracht. Elk had een vernietigingskracht van 13.000 ton TNT (dertien kiloton).

De vernietigingskracht van een waterstofbom, waarbij een kleine splijtingsbom als 'ontsteker' wordt gebruikt om de vereiste fusiecondities te scheppen, wordt niet in kilotonnen maar in megatonnen uitgedrukt. Een megaton staat gelijk aan de explosiekracht van een miljoen ton TNT. Ruwweg zouden we dus mogen stellen dat bij kernfusie duizenden malen meer energie vrijkomt dan bij kernsplijting.

Naast de ontwikkeling van dergelijke afschrikwekkende wapens is de mens al decennia lang bezig na te gaan of en hoe het mogelijk is fusieprocessen langzaam, dus niet explosief, te laten verlopen met het doel de enorme hoeveelheden vrijkomende energie voor vreedzame toepassingen aan te wenden. Een tot op heden nog onoverkomelijk probleem wordt gevormd door de ongelofelijk hoge temperaturen en drukken die moeten worden bereikt voordat fusie plaats kan vinden.

Gemeengoed

Hoeveel moeite de onderzoekers zich al vele jaren getroosten, in de ons omringende kosmos, in de lichamen van de sterren, is kernfusie al sedert de oudste tijden gemeengoed. Net als de sterren ontleent onze zon zijn onmetelijke energiehuishouding aan de omzetting van waterstof in helium. Waterstofkernen versmelten daar (fuseren) tot de wat zwaardere heliumkernen. In het zonnelichaam gebeurt dat bij een temperatuur van 17 miljoen graden en bij een druk van miljoenen atmosferen.

Hier op aarde is zo'n druk nauwelijks haalbaar zodat de temperatuur, willen kernen fuseren, navenant hoger moet zijn en men experimenteert dan ook al enige tijd met superhete plasma's die tot maar liefst 100 miljoen graden moeten worden 'opgestookt' om het fusiestadium te bereiken.

Zowel in buitenlandse als in Nederlandse onderzoeksinstituten bestaat dat plasma uit een mengsel (dat ook wel 'zwaar water' wordt genoemd) van twee isotopen van waterstof, deuterium (D) en tritium (T) dat zo sterk is verhit dat de atoomkernen hun elektronen zijn verloren en als vrije, elektrisch geladen deeltjes naast elkaar bestaan. Pas in dat 'elektronen-vrije' stadium spreekt men overigens van een plasma en niet meer van een gas.

In het FOM-Instituut voor Plasmafysica Rijnhuizen (FOM is een afkorting van Fysisch Onderzoek van de Materie) in het Utrechtse Nieuwegein is sedert eind januari van dit jaar een nieuw fusie-experiment in gebruik genomen waarbij het superhete plasma door een sterk magneetveld lang genoeg bij elkaar moet worden gehouden om de kans op een fusie-botsing tussen twee deeltjes groot genoeg te maken. Men noemt dit 'magnetische opsluiting'.

Kernfusie lijkt oplossing voor ongebreidelde zucht naar steeds meer energie

Evenals aan de vereiste temperatuur, is ook al aan de vereiste dichtheid èn de opsluitingsgraad van het plasma voldaan. Het probleem is alleen dat dat nog niet gelijktijdig is gelukt. En de combinatie van die drie factoren vormt een eerste vereiste voor een succesvolle fusie van de genoemde kernen D en T.

In buitenlandse onderzoekscentra (bijvoorbeeld te Berkeley, Rochester en Osaka) experimenteert men ook met talloze intense laserbundels waarmee speciale bolletjes gevuld met het D-T mengsel tot extreem hoge temperaturen worden gebracht om te zien of dat tot het gewenste resultaat leidt.

Doorbraak

Allerwegen koestert men goede hoop dat de intensieve experimenten binnen afzienbare tijd tot een doorbraak zullen leiden en dat de mensheid voor zijn ongebreidelde zucht naar (meer) energie in de loop van de volgende eeuw zal kunnen putten uit een veel schonere en bovendien duizenden malen omvangrijker

energie-reservoir dan de door velen zo verguisde kernsplijting tot op heden heeft opgeleverd.

De verbazing van de duizenden wetenschappers die zich over de gehele wereld met kernfusie-experimenten bezig houden, is dan ook voorstelbaar. Als een donderslag bij heldere hemel maakten twee elektro-chemici, de Brit Martin Fleischmann en de Amerikaan Stanley Pons van de universiteit van Utah, op 24 maart bekend dat het ze gelukt was kernfusie te laten plaatsvinden bij kamertemperatuur.

Zij gebruikten daarvoor een grote bak met 'zwaar water' (als het ware een aquarium gevuld met deuterium, het waterstof-isotoop dat in kolossale hoeveelheden in zeeën en oceanen voorkomt), hingen daar staven palladium en platina in en verbonden deze met een sterke stroombron. De uit het mengsel afkomstige waterstofdeeltjes hoopten zich met groot geweld op in de staven waardoor daar een zeer hoge druk ontstond, blijkbaar hoog genoeg voor de samensmelting van atoomkernen. Gedurende dat proces toonden metingen aan dat in de staven tritium en neutronen vrijkwamen; een vingerwijzing in de richting van een kernfusieproces.

Fleischmann: "We vonden het eigenlijk zo'n stom onderzoek dat we de honderdduizend dollar die het experiment tot op heden heeft gekost maar uit eigen zak hebben betaald; we hebben het simpel gehouden". Volgens zijn collega Stanley Pons is de proef vanaf het begin tot op het moment dat men besloot de resultaten wereldkundig te maken zeker al twintig keer efficiënter gemaakt.



* *De elektro-chemici Stanley Pons (links) en Fleischmann bij hun simpele laboratoriumopstelling op de universi[...] van Utah, waar ze onlangs een geslaagd kernfusie-experiment bij kamertemperatuur deden.* (foto [...]

Slag om de arm

Professor dr. M.J. van der Wiel, directeur van het FOM-Instituut voor Plasmafysica Rijnhuizen te Nieuwegein, houdt nog een slag om de arm: "Als het inderdaad zo is dat er tritium en neutronen zijn gemeten dan heeft er kernfusie onder wel zeer bijzondere omstandigheden plaatsgehad. Het verschijnsel van opeenhoping van waterstof in palladium is al langer bekend, maar wat de onderzoekers nu claimen is een druk die honderdduizend maal hoger is dan oorspronkelijk gemeten waarden".

"Wij hadden de proef zelf ook betrekkelijk gemakkelijk kunnen doen als we over voldoende zwaar water zouden kunnen beschikten. Bovendien moeten ook maatregelen worden genomen ter bescherming tegen de vrijkomende neutronen; dat vereist enige voorbereiding. Maar we zullen in de komende weken nagaan of het allemaal klopt. En als dat het geval is, mag gerust van de vinding van de eeuw worden gesproken waarvoor Pons en Fleischman zonder meer de Nobelprijs zullen krijgen. Bovendien moeten we ook nagaan of het hier een kernfusieproces betreft dat inderdaad zelfonderhoudend is, ook een voorwaarde voor een energiebron".

Hoe is het nu mogelijk dat zoiets si[...] pels tot dusverre over het hoofd is g[...] zien? Volgens Van der Wiel maken [...] soort grote verrassingen de wetensch[...] natuurkunde juist tot zo'n intrigere[...] gebied: "Een aantal jaren geleden w[...] supergeleiding ook alleen maar mogel[...] bij condities van vloeibaar helium, en [...] is datzelfde al bij belangrijk hogere te[...] peraturen te realiseren".

Twee kansen voor kernfusie-tweetal: Nobelprijs of vut

(door Kees Wiese)

Alle natuurkundigen in de wereld wachten met smart en spanning op het nummer van het Britse wetenschappelijke tijdschrift Nature, waarin de Britse hoogleraar Martin Fleischmann (62) en zijn Amerikaanse collega Stan Pons (46) hun kernfusie-experiment beschrijven en verantwoorden.

Die twee claimden vorige week dat het ze was gelukt op een simpele manier de kernen van zwaar water (deuterium) te dwingen met elkaar te versmelten. Beheerste kernfusie, bruikbaar als energiebron, zou binnen handbereik zijn.

Tot nu toe is vooral sceptisch op hun bewering gereageerd. Maar toch ook met een zekere nervositeit: je kunt immers nooit weten, zeker niet nu in de stad Salt Lake City nog een tweede experiment, gedaan door een andere Amerikaanse wetenschapper, zou zijn geslaagd.

Het Instituut voor Plasmafysica Rijnhuizen in Nieuwegein probeerde voor het oog van de tv-camera zelfs het Fleischmann-Pons-experiment na te bootsen. Dat mislukte. Maar dat zegt niets: de preciese beschrijving van het experiment van Fleischmann en Pons ontbreekt nog en pas aan de hand daarvan kan het goed worden herhaald. De proef in Nieuwegein was derhalve meer ter wille van de publiciteit dan zinnig.

Spanning

Nature komt pas in mei met die exacte beschrijving. Hoewel? De spanning is zo groot, dat het artikel best eerder kan verschijnen. Niet alleen natuurkundigen liggen er tenslotte wakker van. In heel ruime kring is men er van doordrongen dat een simpele methode voor kernfusie ongekende mogelijkheden biedt.

Sterker nog: meer nog dan vroeger rondom kernsplijting, heerst rondom beheerste kernfusie een bijna religieuze sfeer. Een onuitputtelijke, schone, goedkope en uitbundige energiebron - het lijkt op de definitie van het goddelijke. Het maken van zwaardere elementen door lichte atoomkernen tot samensmelten te dwingen - het lijkt op het vinden van de Steen der Wijzen waarnaar de middeleeuwse alchemisten al zochten.

Daarbij komt dan nog dat de vage omschrijving van het experiment (een aquariumbak zwaar water met daarin twee elektroden, waardoor wat stroom loopt) romantisch schril afsteekt bij de gigantische, ingewikkelde en kostbare apparatuur, waarmee overal ter wereld wordt getracht het kernfusieproces onder controle te krijgen. En al even romantisch: twee wat excentriek en voor eigen rekening knutselende professoren aan een niet echt grote universiteit steken honderden bedrijvige wetenschappers in kolossale, wereldvermaarde instituten de loef af.

Alles bij elkaar genomen is het ruim voldoende om ware kernfusiegekte te laten ontstaan. Het lijkt veel op een goudkoorts en het wordt aangewakkerd door de wildste futuristische dromen. De eerste symptomen van die gekte zijn al herkenbaar bij hen, die geen wetenschappelijk bewijs meer van node hebben. Gelukkig zijn huiskamerexperimenten vrijwel uitgesloten, omdat slechts weinigen kunnen beschikken over zwaar water.

Zeker is nog slechts dit: als de Fleischmann-Pons-methode werkt, kunnen de beide onderzoekers rekenen op de Nobelprijs, maar blijkt het een grap, een foute interpretatie van feiten of een vergissing, dan kunnen zij geheid met vervroegd pensioen.

Top natuurkundigen nemen proeven serieus

De top van de natuurkundige wereld in Europa neemt de "koude kernfusie", die de Britse hoogleraar Martin Fleischmann en zijn Amerikaanse collega Stan Pons claimen te hebben ontdekt, serieus. Prof. Fleischmann heeft vrijdagavond zijn experimentele bevindingen uiteengezet in het Europese centrum voor onderzoek naar de fijnste structuren der materie, CERN, in Genève. Zijn deskundige toehoorders waren zeer onder de indruk.

Prof. Fleischmann (62) kwam naar CERN op uitnodiging van de nieuwe algemeen directeur van het centrum, de Italiaanse Nobelprijswinnaar Carlo Rubbia, die hem bij toeval in Zurich ontmoette. Hij sprak op een haastig georganiseerde bijeenkomst een bomvolle zaal natuurkundigen toe. Onder zijn gehoor was de van oorspong Groninger dr. Henk Wind, die 29 jaar geleden zelf onderzoek deed naar de elektrolyse van zwaar water met een palladium-anode, toen niets nieuws vond en op een ander onderzoek promoveerde. Hieronder volgt zijn verslag.



Martin Fleischmann (rechts) en Stan Pous.
(Foto's: Archief NvhN)

Het is in principe mogelijk uit een liter gewoon water ongeveer net zoveel energie te halen als uit een liter benzine. Dit kan door het kleinste gedeelte van het water dat deuterium in plaats van waterstof bevat, kernreacties te laten ondergaan. In principe hoeft het

Door dr. Henk Wind

deuterium alleen maar aangestoken te worden in een geschikte kachel. Maar het 'aansteken' betekent verhitten tot miljoenen graden. En de 'kachel' moet die temperatuur kunnen bevatten. Toch zijn fusiereacties al vaak gemaakt; alleen niet op een handzame schaal. Fusiereacties op grote schaal zijn gemakkelijk te maken; te makkelijk! Er zijn immers duizenden waterstofbommen met een potentiële energie van Megatonnen. Hoewel dit slaat op het equivalente explosieve vermogen van miljoenen tonnen TNT, vertegenwoordigt dit toch een energievoorraad van een vergelijkbare hoeveelheid conventionele brandstof. Deze energie is er niet eerst in gedaan, maar toch kunnen we dit niet goed 'nuttige' energie noemen.

Ook op heel kleine schaal is het betrekkelijk makkelijk fusie-energie te maken. Men kan deuteronen versnellen met een paar duizend volt, en laten botsen met bijvoorbeeld een stukje paladium waarin deuterium is geabsorbeerd. Dit wordt daadwerkelijk gedaan om neutronen te maken. Er is in dit geval inderdaad fusie-energie opgewekt. Maar het vervelende is dat om zo'n duizendste Watt fusie-energie te krijgen, er misschien wel duizend Watt gebruikt is. Die energie is natuurlijk niet weg; die komt weer ergens anders tevoorschijn als warmte. Maar zo'n minuscule energiewinst is als energiebron commercieel volstrekt oninteressant.

Sinds de jaren vijftig wordt er gezocht naar een 'fusiereactor' zoals bijvoorbeeld de J.E.T in Engeland. In 1957 werd gedacht dat het probleem van praktische fusie-energie binnen twintig jaar zou zijn opgelost. Dertig jaar later praatte men over nog eens dertig jaar; dan zou het dus zestig in plaats van twintig zijn!

Vorige week is men echter wat optimistischer geworden. Dit als gevolg van beweringen van prof. Martin Fleischmann. De vrijdag gehouden voordracht in het Europese Centrum voor onderzoek naar de fijnste structuren der materie (CERN) bij Genève. Fleischmann beweerde dat hij 'koude fusie' heeft kunnen maken in paladium door eenvoudige elektrolyse van zwaar water. De reden dat dit zo'n sensationeel bericht is is niet dat we nu binnenkort energie uit water kunnen halen en de prijs van een kiloWattuur lager zou worden. Nee, dat gebeurt zeker niet; althans niet binnen afzienbare tijd! De sensatie werd verwerkt omdat 'iedereen weet' dat voor kernfusie extreem hoge temperatuur nodig is. Of, zoals CERN's directeur, Carlo Rubbia, opmerkte, „dit is de eerste keer dat een chemicus een neutron heeft gemaakt!"

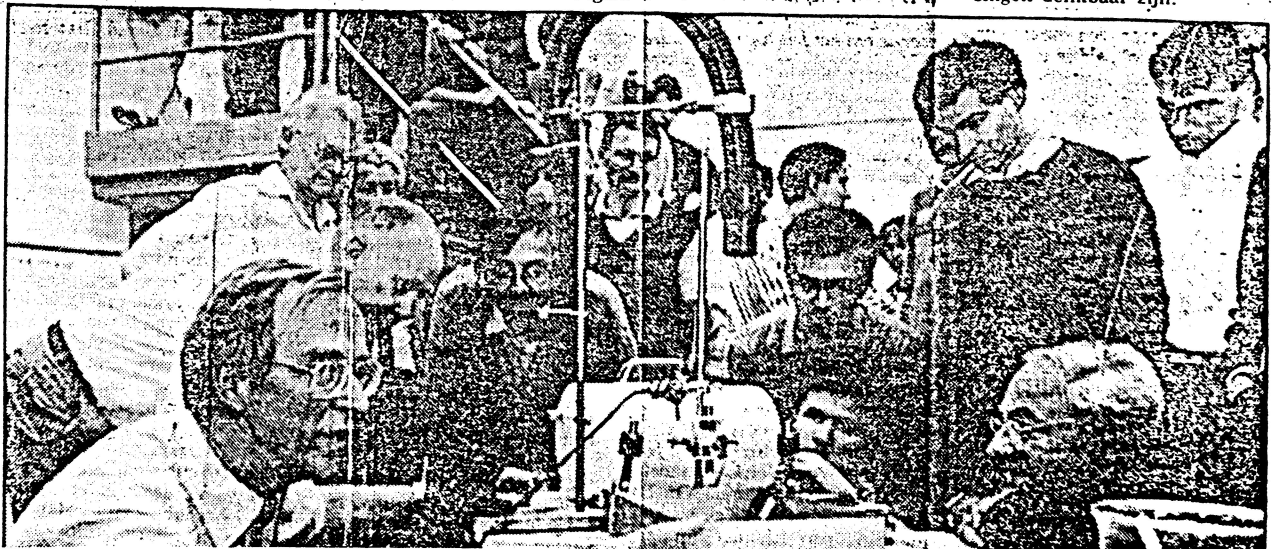
Al in de jaren vijftig werd echter ook een mogelijkheid van koude fusie overwogen en wel met mesonen. De reden dat het deuterium zo heet moet zijn voor het kan fusioneren is dat deuteronen geladen zijn en elkaar daardoor elektrisch afstoten. Bij kamertemperatuur wordt de positief geladen deuteriumkern begeleid, en daardoor elektrisch afgeschermd door een negatief geladen elektron. Men zou dus kunnen denken dat het voor twee neutrale deuterium-atomen niet zo moeilijk is om voldoende krachtig te botsen om de kernen te laten fusioneren. De moeilijkheid is dat de afstand van het elektron tot de deuteriumkern te groot is. Maar met een meson; een soort zwaar elektron, kan die afstand tot de deuteriumkern veel kleiner zijn. Dan hoeft het deuterium niet zo vreselijk heet te zijn om te kunnen hopen op 'koude fusie'. Maar dan hebben we het grote probleem dat we eerst mesonen moeten hebben, die bovendien instabiel zijn. Daarom is dit proces minder praktisch als energiebron.

Doordat elektronen (in tegenstelling tot mesonen) zo licht zijn kunnen ze nooit dicht bij de kern blijven; ook al worden ze daar door sterk aangetrokken. Om met Niels Bohr te spreken: „Als u denkt dat u de vorige zin heeft begrepen, heeft u hem zeker niet goed gelezen. Want Quantum Mechanica is echt heel moeilijk!"

Wat Fleischmann zei tijdens deze voordracht, suggereerde het bestaan van 'virtuele zware elektronen' ten gevolge van het zeer ingewikkelde samenspel van paladium en deuterium. Net zoals in het geval met mesonen zal dan toch fusie bij lage temperatuur kunnen plaatsvinden. Zo'n ingewikkeld systeem als paladium samengepakt met deuterium kan niet exact Quantum Mechanisch worden doorgerekend. Zelfs een drie-deeltjesprobleem is 'onoplosbaar'; het kan alleen numeriek worden benaderd. Die hypothese van 'virtuele zware elektronen', kan dus vooralsnog evenmin worden bewezen als weerlegd. Het ziet ernaar uit dat er behalve experimenteel, ook heel wat theoretisch (dwz computer-)werk aan de winkel is.

Op een vraag of er ook militaire toepassingen denkbaar zijn, antwoordde Fleischmann wrang dat voor alles militaire toepassingen denkbaar zijn.

In Nieuwegein werd tevergeefs getracht kernfusie bij "huiskamertemperatuur" tot stand te brengen.



'KOUDE KERNFUSIE':

REVOLUTIE OP GEBIED ENERGIEWINNING

Onderzoekswereld in de ban van kernfusie

Achtergrond

Deen van Wageningen

„En of het een verrassing was, dit kwam absoluut onverwacht," verwoordt A. J. H. Donné zijn verbijstering op het moment dat het nieuws bekend werd. Donné is wetenschappelijk groepsleider van het Nederlandse instituut voor Fundamenteel Onderzoek aan de Materie. Hij staat aan het hoofd van het kernfusie-onderzoek in Rijnhuizen.

„Het eerste dat ik dacht was: weer zo'n firma Convectron. Convectron was een bolbliksemfabriek bij de Waalhaven van Rotterdam. Die mensen hadden ook een heel eigen methode om kernfusie te laten ontstaan. Als je maar een kunstmatige bliksem kon oproepen, had je een controleerbare kernfusie. Maar dat vuurtje is langzamerhand weer gedoofd. En die mensen zijn, meen ik, nu ook failliet."

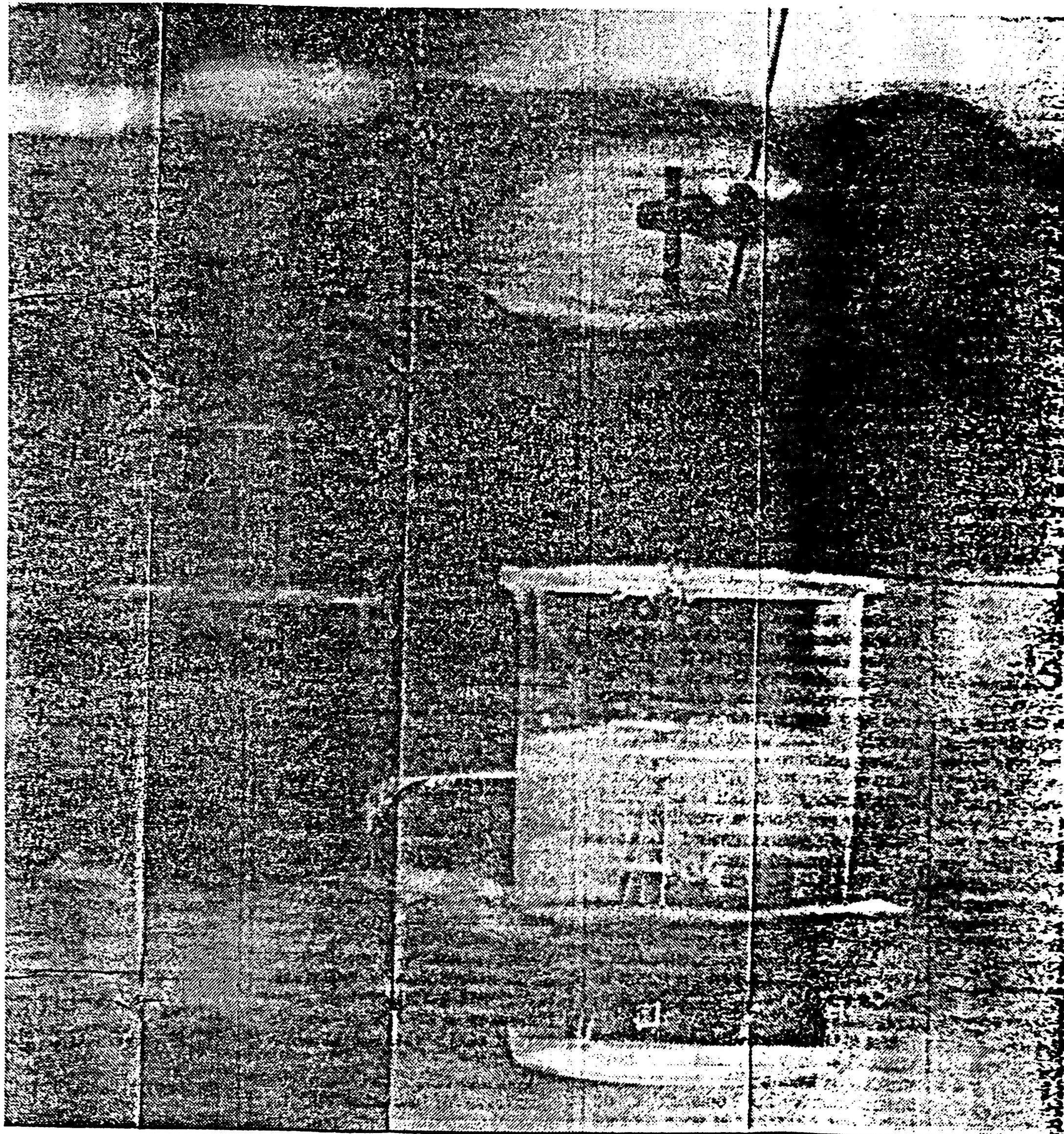
De wereld van het kernfusie-onderzoek gaat al jaren gestaag zijn gangetje. Er is een omvangrijk onderzoeksprogramma, dat stap voor stap de uitvoering van een werkende kernreactor dichterbij brengt. Een oneindige hoeveelheid schone en goedkope energie, dat is de belofte van de kernfusie. In de jaren vijftig waren de verwachtingen hoog gespannen.

Een fusieproces immers geeft veel minder radioactief afval dan kernsplijting. En luchtvervuiling — onvermijdelijk bij de verbranding van olie, gas of kolen — wordt daarmee verleden tijd.

Sleutelen

De weg echter naar de commerciële kernfusiereactor bleek lang en kostbaar. Plasma, een massa met een warmte van miljoenen graden, leek de beste mogelijkheden te bieden. In Rusland, Amerika, Japan en Europa verrezen grote installaties, waarin de voorbereidende proeven worden gedaan. En ieder sleutelde en perfectioneerde zijn machines. Om steeds dichter bij het 'Break-even'-punt te komen, waarbij de fusie evenveel energie oplevert als er in gestopt wordt.

Behalve plasma worden wel andere mogelijkheden uitgeprobeerd. In de zijlijn brachten Amerikaanse militairen in het geheim kernfusie tot stand door minuscule bolletjes waterstof met laserstralen te beschieten. „Interessant", vonden de officiële onderzoekers, „maar dat kost altijd meer energie dan het oplevert." Met de toepassing zo ver weg, is de vrije uitwisseling van onderzoeksgegevens ongekend groot.



• *Een beetje zwaar water en twee metalen staafjes die onder stroom staan. Volgens Fleischmann en Pons alles wat nodig is voor kernfusie.*

Af en toe is er een kleine doorbraak. Zo lukte het bijvoorbeeld vorig jaar de Japanners om een kernfusie op gang te houden met een supergekoelde magneet. Maar liefst drie volle minuten duurde het. Toen zijn ze gestopt, omdat de magneten te heet werden. Dat waren de wetenschappelijke triomfen die op de congressen werden gepresenteerd.

Hoenderhok

Tot twee professoren, van huis uit chemici, afgelopen woensdag de knuppel in het hoenderhok gooiden. Martin Fleischmann, (62) is professor in de elektrochemie aan de universiteit van Southampton, Engeland, en de Amerikaan Stanley Pons (46) is hoofd van de afdeling chemie van de universiteit van Utah, Amerika. Hun recept voor kernfusie in een gewoon chemisch laboratorium: In een fles met zwaar water, waarin in plaats van waterstof deuterium zit, steke men twee elektroden, één van het metaal palladium en één van platina en tussen die elektroden laat men een stroompje lopen.

De hoeveelheid warmte die bij het experiment vrijkwam, is volgens Fleischman en Pons alleen door kernfusie te verklaren. Bovendien ontstonden bij het proces neutronen en tritium, bijprodukten van het kernfusieproces.

Kernfusie is het samensmelten van twee atoomkernen. De meest geschikte atomen daarvoor zijn het waterstofatoom (een elektron en een proton) en zijn broertjes deuterium (een elektron, een proton en een neutron) en tritium (een elektron, een proton en twee elektronen). Twee van deze kernen kunnen samensmelten tot een nieuw heliumatoom. Daarbij komt energie vrij. Een gedeelte van die energie kan gebruikt worden om meer kernen samen te smelten en de rest wordt omgezet in warmte, waarmee weer stroom gemaakt kan worden.

De twee kernen van de waterstofatomen moeten heel dicht bij elkaar komen om te versmelten. Waterstofatomen kun je niet zomaar oppakken en tegen elkaar duwen. Voor fusie is een vreselijk hoge druk nodig, zodat de atomen heel dicht op elkaar gedrukt worden. Of een temperatuur van honderden miljoen graden Celsius. Want hoe hoger de temperatuur van een stof, hoe harder de atomen in die stof gaan trillen, en hoe harder ze tegen elkaar botsen.

Knikkers

Fleischmann en Pons vonden een heel andere manier om de waterstofkernen bij elkaar te brengen. Eerst wordt uit gewoon water zwaar water gemaakt door elektrolyse. De waterstofatomen krijgen dan een extra neutron. Er worden twee metalen staven in het water gebracht, die verbonden wordenmet een batterij. De stroom moet dan door het water om van de ene pool naar de andere te komen. Hierdoor ontstaat deuterium: waterstof met een extra neutron. Wordt nogmaals "elektrolyse toegepast, nu met palladium en platina, dan komt er zoveel energie vrij, dat de deuteriumkernen samensmelten. Kortom, kernfusie.

Een van de polen die de Amerikaan en de Brit gebruiken is van het metaal palladium. De atomen van een metaal zitten tegen elkaar als heel netjes opgestapelde knikkers. Tussen die knikkers zijn hoe zorgvuldig ze ook opgestapeld zijn, altijd lege ruimten. Het bijzondere van palladium is dat er waterstof in die holtes kan gaan zitten.

De twee onderzoekers denken dat steeds meer waterstofdeeltjes in het palladium worden geduwd. De druk van het waterstof in het palladium zou oplopen tot tien biljoen atmosfeer. De waterstofdeeltjes zouden zo dicht tegen elkaar geduwd worden dat ze fuseren. Zonder dat er tot miljoenen graden verhit wordt, en zonder allerlei ingewikkelde apparatuur. Een verklaring over wat er zich in het palladium afspeelt, hebben de onderzoekers ook niet. Ze kunnen niet meer zeggen dan: „Zie, het werkt".

Martin Fleischmann had twaalf jaar geleden al met het idee gespeeld. „In '83 zijn we ermee aan de slag gegaan", aldus de professor. „Het leek een waanzinnig experiment, maar Stan Pons en ik hebben wel vaker onmogelijke experimenten uitgevoerd." Het experiment leek zelfs zo vergezocht, dat de twee het onderzoek uit eigen middelen financierden. Het kostte hen ongeveer tweehonderdduizend gulden.

Een schijntje vergeleken met wat het op zou kunnen leveren. Overigens is er, volgens de uitvinders, nog heel wat werk nodig om van deze fusiereactie een betrouwbare energiebron te maken. Maar er wordt al druk gespeculeerd over een draagbare reactor.

In Rijnhuizen, het Nederlandse kernfusiecentrum vlak bij Utrecht, zijn alle kaarten gezet op het werken met plasma. Daar staan de Tokomats, waarin de onvoorstelbaar hete waterstofmassa in magnetische velden wordt opgesloten. Van fusie bij kamertemperatuur hadden ze daar zelfs nog nooit gedroomd.

Donné, onderzoeksleider in Rijnhuizen, hoorde het nieuws donderdag 23 maart. Hij werd gebeld om een eerste reactie op het opzienbarende resultaat. Na het eerste ongeloof bleek al ras dat het om twee serieuze wetenschappers gaat. Zowel Fleischman als Pons heeft zijn sporen op het gebied van elektrochemisch onderzoek wel verdiend.

Maar zelfs een week na de eerste schok is Donné nog heel sceptisch. „Ik kan het niet geloven. Fleischman en Pons zeggen dat ze een heel hoge druk bereiken in het palladium. Het getal dat ik heb horen noemen, komt in de buurt van de druk in een zwart gat. We hebben hier op het instituut wat sommetjes zitten maken. De druk die je nodig hebt om tot fusie te komen is tien tot de vijftiende atmosfeer. Dat is lager dan die Amerikanen claimen, maar bij mijn weten is dat hoger dan er ooit tot stand gebracht is."

Maar het ongeloof is niet zo groot dat ze niet al tijdens de paasdagen in Rijnhuizen zaten te experimenteren. Tussen de geavanceerde wetenschappelijke meetapparatuur werd de simpele opstelling geïmproviseerd. „Veel mensen waren op vakantie. Ik was de enige hier die zwaar water heeft. Ongeveer zo'n flesje waarin de drogist oogdruppels doet. Palladium en platina, dat is duur spul. Daar hebben we ook niet zoveel van in huis."

Zo goed en zo kwaad als het ging werd de proef nagedaan, maar de Nederlandse onderzoekers zagen alleen maar bubbels. Geen fusie. De volgende dinsdag was er meer zwaar water en paladium bij elkaar geritseld. De proef werd herhaald, nu met behulp van elektrochemici van TNO en onder toeziend oog van de Nederlandse pers. Weer geen fusie.

Behalve met ongeloof worstelt de hele wetenschappelijke wereld ook met een gebrek aan informatie. „Wat voor soort palladium gebruikt Fleischmann?" „Heeft Pons iets door het zware water gemengd?" „En onder welke druk, met welke temperatuur laten zij de fusie plaatsvinden?"

Nog meer verwarring ontstond toen vrijdag de Amerikaanse plasmafysicus Jones kernfusie waarnam met behulp van een titaniumstaaf en zaterdag een Britse groep melding maakte van een soortgelijk proces met behulp van paladium.

1-Aprilgrap

Tot nu toe weet niemand veel meer dan al in de eerste publikatie in de Engelse krant Financial Times gezegd is. „Wacht onze volledige beschrijving van de proef af, in het meinummer van het tijdschrift Nature," is de laconieke reactie van de onderzoekers. Die helemaal niet verbaasd zijn door de wereldwijde beroering en het ongeloof.

Het is gebruikelijk dat belangrijke ontwikkelingen eerst in een gerenommeerd wetenschappelijk tijdschrift worden gepubliceerd. Niemand weet waarom de twee een andere weg hebben gekozen. Vooral Fleischmann staat er om bekend, dat hij graag zijn bevindingen sensationeel brengt. Is het tijdschrift Nature kopschuw geworden door de misser met de homeopatische schudproef of gaat het om een ingewikkelde 1-aprilgrap? Leken en deskundigen kunnen alleen maar raden.

„Voor zover ik weet gebruiken ze een autobatterij," is de gok van R. P. Griessen. Dat lijkt mij een beetje hoge spanning geven. Maar ja, het is ook nooit bij mij opgekomen om met elektrolyse een kernfusie te maken." Griessen is hoogleraar Vaste Stof Fysica aan de Vrije Universiteit van Amsterdam.

Hij propt al zeker twaalf jaar waterstof in palladium door elektrolyse. Sinds kort doet Griessen dat met zwaar water. Onverklaarbare warmte-ontwikkeling heeft hij in die twaalf jaar nooit gezien. Vrijkomende neutronen heeft hij ook niet gezien, maar de man die de sleutel heeft van de kast waar de neutronendetector in zit, komt pas later in de middag.

„Marnix van der Wiel belde mij donderdag op. Het eerste dat hij zei was 'vertel mij wat de hoogste druk is die ooit bereikt is in palladium'. Dat is één beetje merkwaardig terrein. Losse atomen waterstof gaan in het palladium zitten, maar het is moeilijk te vertellen wat de druk is. Je kunt wel een getal produceren. Bijvoorbeeld, het palladium zet uit, tot twintig procent. Je kunt uitrekenen hoeveel druk nodig is om het palladium zo te vervormen. Ongeveer 200.000 atmosfeer. Of je kunt kijken hoeveel waterstof erin zit. Om een zelfde dichtheid van waterstof te bereiken heb je 700.000 atmosfeer nodig. Die druk van biljoenen atmosfeer waar over gesproken wordt, kan ik niet thuisbrengen. Ik zou bijna zeggen dat het pseudowetenschappers zijn, maar kijk niet verbaasd als ik dat volgende week heel anders zie."

Achterafkamertje

Als het hem niet in de druk zit en niet in de temperatuur, moet het iets anders zijn: „Ik geloof wel dat Fleischmann en Pons kernfusie gezien hebben. Of althans menen die gezien te hebben," formuleert Donné, hoewel het hem nog steeds onvoorstelbaar lijkt. „We hebben er wat over zitten filosoferen. Misschien is die fusie ontstaan door een kosmisch deeltje."

„Maar zelfs als die jongens een fusie gezien hebben, een werkende reactor hebben ze nog lang niet. Die fout hebben wij ook gemaakt. Toen wij ongeveer twintig jaar geleden de eerste tokomat hadden, riepen we ook 'binnen tien jaar een werkende kernreactor'."

„Een paradox", zegt D. Dieks. Hij is docent Grondslagen van de Natuurkunde aan de universiteit van Utrecht. Dieks heeft het niet over de fusiereactie. Maar over het feit dat twee mensen, bij wijze van spreken in een achterafkamertje, de doorbraak vinden die alle grote onderzoeksprogramma's voorbijstreeft. „Eigenlijk is het een anachronisme. Zoiets kun je verwachten in de natuurkunde van eind vorige, begin deze eeuw. Toen kwam het nog wel voor dat je zomaar iets vond. De theorie liep toen ook achter op de praktijk."

Modern natuurkundig onderzoek gaat heel anders in zijn werk. De gehele geavanceerde natuurkunde bestaat uit grote onderzoeksprogramma's, zoals het onderzoek naar elementaire deeltjes. In de experimenten gaan de wetenschappers op zoek naar iets dat door de theorie voorspeld wordt.

Dat gebeurt niet alleen omdat het onderzoek steeds meer geld kost, volgens Dieks. „De theoretisch kennis heeft de laatste vijftig jaar een enorme vlucht genomen. De hele natuurkunde is eigenlijk ontstaan uit de gewone dagelijkse waarneming. De quantum mechanica, de basis van de moderne theoretische natuurkunde, is heel wiskundig."

„Daar kun je geen intuïtie op toepassen. Intuïtie wil een beeld hebben. Bij de klassieke natuurkunde kun je je nog wel een voorstelling maken hoe moleculen er uitzien als bolletjes en zo. Maar de quantum mechanica is puur berekeningen maken. Er is geen analogie met het dagelijks leven. De uitvinder, iemand die in zijn eentje een eigenwijze theorie onderzoekt, is uit het beeld verdwenen. Die past niet in zo'n onderzoeksprogramma."

Vergeten

„Bijvoorbeeld kernfusie. Een goed voorbeeld van een onderzoeksprogramma. Daar wordt al meer dan dertig jaar aan gewerkt. Men heeft er heel hoge verwachtingen van, daarom worden er miljarden in geïnvesteerd. Alle aandacht concentreert zich op het gebied van die plasma's. En dan blijkt de oplossing in de elektrochemie te zitten. Als dat zo is, is dat ongewoon, uniek eigenlijk, in de moderne natuurkunde."

Volgens Dieks toont de even onverwachte als opzienbarende kernfusie bij kamertemperatuur aan wat de risico's van zulke omvangrijke programma's aan. Namelijk dat onderzoeksgebieden, die niet in het programma voorkomen, vergeten worden. Bovendien gaat er van die grote onderzoeks programma's een enorme zuigkracht uit. „Als iemand een beetje briljant is krijgt hij, of zij, een plaatsje in een groot programma. De kans dat zo iemand in een achterkamertje zit te rommelen is tegenwoordig niet groot," aldus Dieks. „Maar", voegt hij er snel aan toe: „dat die twee onderzoekers geen plaatsje in het grote programma hebben, is geen enkele garantie dat hun onderzoek niet deugdelijk is".

Als een donderslag bij heldere hemel verscheen vlak voor Pasen dit bericht: Kernfusie, het proces dat in het hart van de zon plaatsvindt, zou te bereiken zijn met heel eenvoudige technieken en mogelijk binnen het bereik liggen van iedere eerstejaars chemiestudent. De bron voor kernfusie is zwaar water, een onderdeel van gewoon zeewater. Uit één liter zwaar water zou evenveel energie gehaald kunnen worden als uit veertig ton kolen.

De onderzoekers hopen in het jaar 1992 een eerste proeffabriek op te kunnen zetten. Maar het lijkt erop dat twee onbekenden in fusieland het hele Europese experiment met een enorme stap hebben ingehaald.

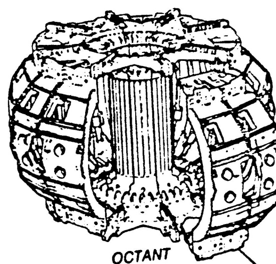






FOTO: WIM VAN ZANTEN

• *Grote belangstelling dinsdagmiddag 28 maart in Rijnhuizen: Doet ie 't of doet ie 't niet?. Donné, hurkend, wijst naar één van de meetapparaten.*

Kernfusie bij kamertemperatuur

Het is al jaren mijn overtuiging dat technologie mensenwerk is. Nieuwe technologie op zich lost een probleem nooit helemaal op, maar dient de mens hoogstens als middel. De technologische fix bestaat niet in de wereld der volwassenen. Deeloplossingen leiden tot nieuwe problemen. Aantekeningen die ik vroeger kwijtraakte in mijn kaartenbak, blijken nu onvindbaar op de harde schijf.

Frits Prakke



Tegelijkertijd ben ik ervan overtuigd dat de enige zekerheid over technologische ontwikkelingen is dat deze altijd tot verrassingen leiden. Onzekerheid is een fundamentele eigenschap van innovatieprocessen. 'Serendipity', het vermogen datgene te ontdekken waarnaar men niet zoekt, is de grootste vriend van de uitvinder.

Jarenlang is het mij mogelijk geweest deze twee zekerheden - dat technologie geen algemene oplossingen biedt en de mens steeds weer voor verrassingen stelt - beide te koesteren zonder dat er ernstige conflicten optraden. Omdat het in wezen vuistregels betrof heb ik me nooit gestoord aan de mogelijke logische tegenstrijdigheid.

Daarom ben ik in verwarring gebracht door berichten in de pers dat twee elektrochemicie erin zijn geslaagd met zeer eenvoudige middelen op kamertemperatuur kernfusie tot stand te brengen. Vergeleken met de grootschalige en extreem kostbare onderzoekinstallaties die daartoe de afgelopen dertig jaar over de gehele wereld zijn gebouwd, lijkt de proefopstelling van de Brit Fleischmann en de Amerikaan Pons meer op een experiment van eerstejaars scheikunde studenten. Deze bestaat in hoofdzaak uit twee door zwaar water en daarmee ook door deuterium omgeven elektroden van platina en palladium, waardoor stroom wordt gevoerd. Hierdoor wordt de reactie in gang gezet. Als deze op gang is gaat zij, volgens de onderzoekers, na het punt waarop het proces energetisch lonend wordt nog meer dan honderd uur door, zodat er aanzienlijk meer energie wordt geproduceerd dan verbruikt. Een nuttig rendement van duizend procent wordt haalbaar geacht. De brandstof van deze fusiereactor, deuterium of 'zware waterstof', is in de oceanen nagenoeg onbeperkt aanwezig. Uit een kubieke meter zeewater zou zo een hoeveelheid energie gewonnen kunnen worden gelijk aan veertig ton steenkool.

De vinding van Fleischmann en Pons voldoet zonder meer aan de stelling dat nieuwe technologie vaak geheel onvoorspelbaar is. Illustratief is dat kernfusie bij kamertemperatuur niet ontdekt is door kernfysici, maar door de op het gebied van kernenergie onverdachte groep der elektrochemici.

De stelling dat nieuwe technologie op zich niet in staat is fundamentele problemen der mensheid op te lossen, moet echter opnieuw worden bekeken in het licht van de belofte van nagenoeg kosteloze en geheel veilige en schone energieproduktie. Onbeperkte mobiliteit, zonder verdere verzuring van het milieu of broeikaseffecten, lijkt dan mogelijk.

Of zal technologie toch mensenwerk blijven? Zal kernfusie bij kamertemperatuur en op kleine schaal, zo inderdaad technisch uitvoerbaar, niet toch allerlei nog niet voorziene problemen met zich meebrengen? Immers, eens leek kernsplitsing eveneens de definitieve oplossing van het energieprobleem. In de jaren veertig droomden ingenieurs van door kernreactoren aangedreven vliegtuigen. De computer leek evenens de oplossing voor alle problemen van automatisering en produktiviteit, terwijl volgens gangbare maatstaven de laatste tien jaar zich juist onderscheiden door een stagnatie in de produktiviteitsontwikkeling.

Veroorzaakt kernfusie bij kamertemperatuur evenveel problemen als ze oplost, of mogen we in deze lentedagen nog even de gedachte koesteren aan een persoonlijk draagbare fusiereactor? ■

Frits Prakke

Voorbereiding van 'koude kernfusie-proef' in Groningen

Van onze redacteur wetenschappen Kees Wiese

GRONINGEN - Op het Kernfysisch Versneller Instituut van de Groninger universiteit wordt een experiment voorbereid, waarbij deuteriumkernen worden versneld en op met deuterium (zwaar water) geladen palladium worden 'geschoten'. Dit experiment is de eerste Groninger bijdrage aan het 'koude kernfusie'-onderzoek', dat overal ter wereld begon, nadat de Britse hoogleraar Fleischmann en zijn Amerikaanse collega Pons eind maart claimden kernfusie tot stand te hebben gebracht in een palladium-elektrode bij de elektrolyse van zwaar water.

De laatste inschatting in de natuurkundige wereld is dat niet Fleischmann en Pons een echte ontdekking hebben gedaan, maar wel de Amerikaanse natuurkundige Steven Jones van de Brigham Young University. Jones claimde enkele dagen na de persconferentie van Fleischmann en Pons 'koude kernfusie' in titanium tot stand te hebben gebracht. Deuteriumkernen in het titaniumkristal zouden tot samensmelten zijn gedwongen.

'Uitgaan van de energiebronnen die we hebben'

Ir. Hans Becht: Kernfusie nog pure gok

door MARK GLOTZBACH

„Laten we maar uitgaan van wat we hebben en ons niet verliezen in de euforie over een eeuwige schone energiebron". Een nuchtere raad van ir.H.Y. Becht van het Centrum voor energiebesparing en schone technologie in Delft. Hij houdt zich daar bezig met energiescenario's in samenhang met economische ontwikkelingen en het milieu.

Hij wil best wat in de 'stel-datstijl' te berde brengen over de koude kernfusie die de wereld de afgelopen weken bijkans in vervoering bracht (hoewel de geestdrift inmiddels alweer aanzienlijk is bekoeld). „Maar", zegt hij, „er bestaan nog enorme onzekerheden over wat er aan de hand is".

„Natuurkundig is er waarschijnlijk iets heel interessants ontdekt, dat misschien in de toekomst een energiebijdrage door middel van kernfusie zal kunnen leveren. Een ontdekking eigenlijk, die net zo goed dertig jaar geleden gedaan had kunnen zijn. Toevallig heeft iemand nu eens deze kant op gekeken. Het is een grappige ontwikkeling".

„En dat er sprake is van een fusieproces, lijkt inderdaad waarschijnlijk. Op drie plaatsen zeggen onderzoekers dat nu te hebben aangetoond en het zou wel een erg ingewikkeld complot zijn als het allemaal een grap was. Maar of er sprake is van een netto-energie-opbrengst is zeer de vraag".

„In metaal kunnen de atoomkernen, in dit geval die van zwaar water, heel dicht bijeen komen te zitten. In principe stoten kernen elkaar af, maar onder bepaalde omstandigheden kunnen ze door die afstotingskracht heen breken. Dat heet het 'tunneleffect'. In de klassieke kernfusie gebeurt dit door zeer hoge drukken en temperaturen".


foto Hans de Bakker

• Ir. Hans Becht: 'Waterstof is een mooie energiebron. Een gevelkachtje waar een straaltje water uitkomt, dat is alles'.

Twijfels

Dan komen de kanttekeningen en twijfels.

Hans Becht: „Of het om een duurzame bron gaat, valt nog te bezien. Je hebt er metalen voor nodig en ook nog metalen die niet in grote hoeveelheden voorkomen, zoals palladium. Als het verbruik daarvan te groot is, kun je al niet meer spreken van een duurzame energiebron".

„Er komt radioactiviteit vrij. Bijvoorbeeld in de vorm van het element tritium, dat een halveringstijd tijd heeft van tien jaar en dat we dus liever niet in ons milieu hebben. Bij de fusiereactie kunnen zich nog andere radioactieve stoffen vormen. En ook het ontstaan van radioactiviteit en mogelijk radioactief afval is strijdig met het beginsel van schone en duurzame energie".

„Tenslotte, economisch gezien, is het zeer onwaarschijnlijk dat deze vorm van kernfusie goedkoop zal zijn. Over tien tot twintig jaar moeten we zeker de antwoorden op deze vragen kunnen hebben".

Laten we ons vooral niet blindstaren op kernfusie, niet op de 'koude' en niet op de 'hete', zo luidt de raad van ir. Becht.

„Zeggen dat rond 2030 de eerste commerciële hete fusiereactor zal werken, is een pure gok. Tot nu toe is er nog nooit meer energie uitgekomen dan erin is gestopt. En voor het nieuwe proces zijn de kansen zeker niet groter".

Op de lange termijn zijn er verschillende andere mogelijkheden om schone en duurzame energie op te wekken. Door middel van brandstofcellen, zonnecellen, windturbines, waterstofwinning uit aardgas en steenkool, of produktie van vloeibare brandstof uit biomassa.

Maar waar verbranding van fossiele brandstoffen geschiedt, komt onvermijdelijk kooldioxide (CO_2) vrij. Dit gas wordt beschouwd als de belangrijkste veroorzaker van mogelijk het grootste milieuprobleem van de komende tijd: het broeikaseffect, waardoor de aarde opwarmt, poolijs smelt, overstromingen ontstaan en het hele wereldklimaat overhoop wordt gegooid.

Deze ellende valt de voorkomen, aldus ir. Becht: „Je kunt verschillende kanten op. Een mogelijkheid is het omzetten van aardgas en vergaste steenkool in waterstofgas. Daarbij haal je er de CO_2 uit en die pomp je dan in lege olie- en gasvelden, zodat het niet in de atmosfeer terecht komt".

„Waterstof is een mooie energiebron. Bij verbranding is water het enige afvalprodukt. Denk aan een gevelkacheltje waar een straaltje water uit komt, dat is alles".

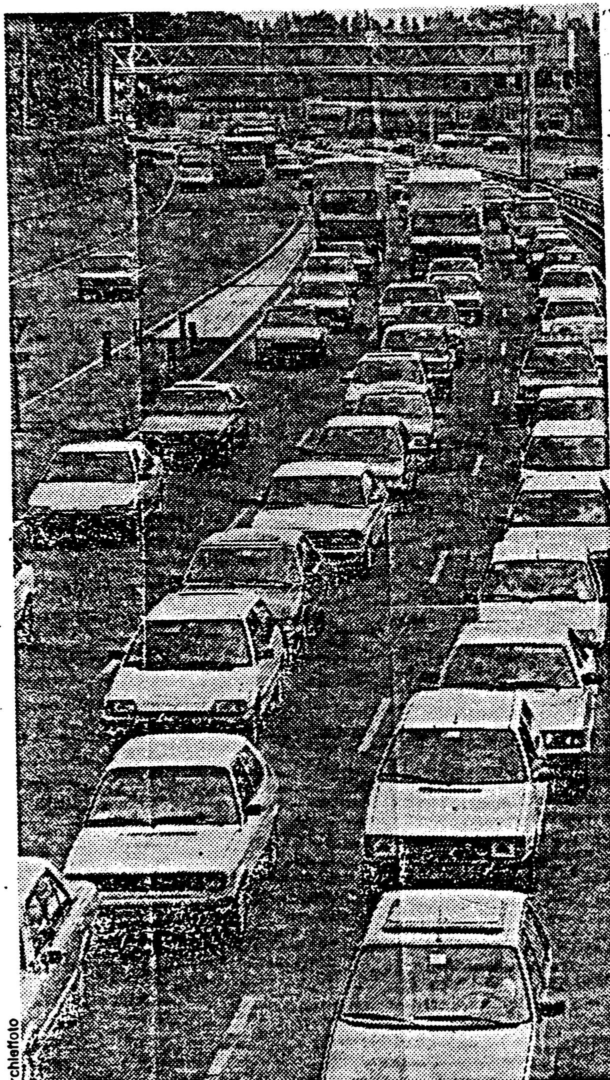
„Je kunt waterstof door middel van een brandstofcel ook zeer effectief omzetten in elektriciteit, een methode met een hoog rendement, waarnaar in Nederland veel onderzoek wordt gepleegd. Het is een optie die al op korte termijn interessant is".

„Waterstofgas kan zo het bestaande gasleidingnet in. Wèl moet de verbruiksapparatuur worden aangepast. Een groot voordeel van waterstofgas is ook dat het bij heel lage temperaturen verbrandt of wordt omgezet in een brandstofcel. Dat voorkomt vorming van stoffen die bijdragen aan de verzuring, zoals stikstofoxiden. Het verbrandingsprodukt is gewoon water, of stoom en die kun je benutten".

Biomassa

„Een andere optie is de produktie van biomassa, in de vorm van hout, in de warme landen. Het hout zet je om in vloeibare brandstof, methanol of ethanol. Dat zou de toekomstige brandstof voor auto's kunnen zijn".

„In dit geval blijft de kooldioxide uit het uitlaatgas in de kringloop, want de energiebossen gebruiken deze hoeveelheid CO_2 weer voor hun groei. Verstook je fossiele brandstof, dan is de CO_2 die vrij komt gewoon een teveel, het valt buiten de kringloop, het is



archieffoto

• Auto's die rijden op methanol, uit hout gestookt, lijkt een reëlere bijdrage aan de oplossing van het energieprobleem dan kernfusie in welke vorm dan ook.

extra en dat is juist de grote moeilijkheid".

„Op de zeer lange termijn kun je denken aan zonnecentrales in de Sahara, waar je met behulp van zonnecellen waterstof produceert. Een heel elegant proces en een prachtig ding, zo'n zonnecel, een schone en eindeloze bron, maar hij moet wel dertig keer goedkoper worden dan hij nu is. Aan de ontwikkeling zitten nog heel wat haken en ogen. Misschien duurt het nog wel honderd jaar voor de zonnecel kan concurreren met andere energiebronnen. Voor grootschalige toepassing althans. In een rekenmachientje gaat het nu al goed".

„De produktie van waterstof uit fossiele brandstoffen, aardgas en steenkool, is momenteel nog het goedkoopst".

Duurder

Vergeleken met de huidige aardgasprijs zal schone energie op z'n minst twee keer zo duur zijn, voorspelt Becht: dertig cent per kuub extra.

„Maar het blijft veel goedkoper dan kernenergie", zegt hij. „Het goedkoopste is omzetting van aardgas in waterstofgas en de vrijkomende kooldioxyde in de oude olie- en gasvelden pompen. Omzetting van waterstof in elektriciteit komt weinig duurder uit dan de huidige produktie van elektriciteit en energie direct uit zon en wind kan er mee concurreren".

Becht zet de zaken wat schone energie betreft nog eens op een rij.

„Van alle mogelijkheden is energiebesparing de goedkoopste. Als tweede komt winning van waterstofgas uit aardgas. Als derde de directe toepassing van wind- en zonne-energie. Als vierde kolenvergassing en de vrijkomende kooldioxyde in de grond stoppen. Als vijfde de produktie van vloeibare brandstof uit hout als biomassa. Als zesde zonne-energie uit de Sahara".

Kernfusie komt vanwege de onzekerheden niet op de lijst voor. In woorden krijgt schone energie genoeg kansen. Met de daden is het echter droevig gesteld, moet Becht constateren. „Omdat de fossiele energie nu nog veel te goedkoop is", zegt hij. „We hopen dat het komende Nationaal Milieu Beleidsplan daar verandering in brengt en vooral de energiebesparing weer zal stimuleren".

Belasting

Die stijging van de energieprijzen zal het gevolg zijn van een belasting op energie. Dit, als onderdeel van de 'ecotax', die binnen de EG onderwerp van bespreking is.

„Je laat de mensen op een andere manier belasting betalen. De overheid krijgt daardoor geld binnen en kan dat uitgeven voor andere doeleinden. Andere belastingen kunnen worden verlaagd, met name voor de minima. Want energiebelasting zal voor deze groep zwaar aankomen. Ook kan geld uit de energiebelasting worden gebruikt voor het subsidiëren van schone en duurzame energietoepassingen in het kader van het milieubeleidsplan. Als je zo je energiepolitiek voert, wordt het leven over het geheel genomen niet duurder".

„Het belangrijkste is, dat de samenleving zegt: voor vuile energie willen we meer betalen om schone energie rendabel te maken. Het wachten is nu op de overheid om de nu al bestaande mogelijkheden uit te buiten. Als de energieprijzen dan stijgen zijn we stukken goedkoper uit".

FOM-directeur prof.dr. Van der Wiel is sceptisch over praktische toepassing van 'koude' kernproef

Meer vragen over kernfusie dan antwoorden



Foto UN-Jaap de Boer

Prof.dr. N.J. van der Wiel, directeur van het instituut voor Fundamenteel Onderzoek van de Materie (FOM) voor plasmafysica in Nieuwegein: 'Fleischmann is een grappenmaker.'

(Door Pieter van de Vliet)

NIEUWEGEIN — Martin Fleischmann, een gepensioneerde Engelse professor, poseerde er maar wat graag mee. Een reageerbuis met elektroden. In dat glas met zwaar water was het wonder geschied. Een kernfusie op zakformaat. Opgewekt door een kamergeleerde bij kamertemperatuur. Terwijl iedereen dacht dat zo'n fusie slechts onder heel hoge druk en bij extreem hoge temperaturen kon. De 'koude fusie' is 1 april wereldkundig gemaakt. Een grap? Een storm in een glas (zwaar) water?

Prof.dr. N.J. van der Wiel, directeur van het instituut voor Fundamenteel Onderzoek van de Materie (FOM) voor plasmafysica in Nieuwegein, wil de Engelsman wel een grappenmaker noemen. Charlatan gaat hem te ver. „Een feit is dat er een kernfusie is opgetreden in de vaste stof. Dat is erg interessant".

Maar de daarbij gepaarde gaande enorme hitte-ontwikkeling, die Fleischmann en zijn Amerikaanse compaan prof. Stanley Pons hadden gemeten, bleef uit bij het nabootsen van de proef *all over the world*. En die warmte maakt het commercieel gezien juist zo interessant. Zo veel schone energie. Zo eenvoudig, zo goedkoop. Beladen energiebronnen zoals fossiele brandstoffen en kernsplijting zouden in één klap overbodig kunnen worden. 'Een raadsel' noemt prof. Van der Wiel die warmteontwikkeling. Dat Fleischmann en Pons niet tot herhaling van die proef in staat bleken vindt hij 'heel verdacht'.

Er rijzen meer vragen nu het 'wonder' wat van zijn glans is ontdaan. Tegelijk met het duo kwam de Amerikaanse plasmafysicus Jones met zijn koude kernfusie op de proppen. De experimenten van de elektrochemici Fleischmann en Pons zijn uitgevoerd in een laboratorium van de University of Utah in de Amerikaanse stad Salt Lake City. Die van Jones in een laboratorium van de Brigham Young University in Provo, in de Amerikaanse staat Utah. Terwijl het artikel van Jones over diens koude fusie (zonder opzienbarende hitte) in het gezaghebbende Engelse blad 'Nature' verscheen (het artikel van het duo is geweigerd) belegde de concurrerende universiteit overhaast een persconferentie. Daar is de patentaanvraag van het elektrochemische fusie-procedé wereldkundig gemaakt. Curieus detail is dat Jones en Pons vroeger hebben samengewerkt. „Het lijkt er erg op dat ze ruzie hebben gehad en vervolgens hun eigen weg zijn gegaan", zegt Van der Wiel.

Smell of succes

Heeft Fleischmann het succes geroken (*the smell of succes*) en is hij hiervoor bezweken? Heeft dat mede te maken met de mondiaal snel groeiende bezorgdheid over het milieu, met het groeiend aantal vraagtekens bij het gebruik van fossiele brandstoffen en kernsplijting? De wereld schreeuwt om een oplossing. Heeft Fleischmann te veel gehoopt die oplossing te hebben gevonden (*wishfull thinking*) en is hij daarom te snel geweest?

Van der Wiel voelt die druk van de maatschappij zelf ook wel. „Het is niet zo dat wij hier bij het FOM lekker ongestoord wetenschap zitten te bedrijven. We beseffen heel goed dat we met veel gemeenschapsgeld werken en dat er iets uit moet komen."

Kernfusie berust op het samensmelten van twee lichte elementen deuterium tot een zwaarder element, waarbij veel energie vrijkomt. Bij splijting (in de volksmond kernenergie genoemd) gaat het juist andersom: een zwaar element valt uiteen in twee lichtere. Deuterium is vrijwel onbeperkt voorradig. Er zit een gram in elke dertig liter water. Een gram geeft bij (schone) fusie een hitte die gelijk is aan de (vuile) verbranding van 10.000 liter olie. Deuterium is eenvoudig en goedkoop te winnen.

Een liter zwaar water kost nog geen duizend gulden.

Bij de fusie volgens de 'hete' methode wordt de 'brandstof' deuterium in een geïoniseerd gas (plasma) op een temperatuur van miljoenen graden gebracht in een zogeheten *tokamak*, een Russische vinding. Een klein (maar toch nog kolossaal) exemplaar staat sinds kort in Nieuwegein. Een grote, JET, staat in het Engelse Culham. Europa stopt jaarlijks honderden miljoenen in dat project. Nieuwegein levert randapparatuur voor JET.

Van der Wiel verwacht dat JET over een jaar of vier zo ver is dat ze zo veel warmte blijft produceren dat je daarop een centrale kunt laten lopen. Naar verwachting in 2020 moet een kernfusiecentrale mogelijk zijn die elektriciteit levert voor anderhalf maal de prijs van nu.

Herhalen

Duur maar schoon. „Het milieu is die prijs wel waard," denkt Van der Wiel.

Volgens de 'koude' methode van Fleischmann gaat het een stuk simpeler. Elektrische stroom wordt door een reageerbuis met zwaar water gevoerd met daarin twee elektroden. De negatieve elektrode is van palladium, de positieve van platina. Palladium is een metaal dat als een spons (900 maal zijn eigen volume) waterstofgas opneemt. Titaan kan nog drie maal meer waterstofgas opnemen. Jones gebruikte dat metaal.

Van der Wiel: „Zelfs onder de door Fleischmann geschetste gunstige omstandigheden, die hij helaas niet heeft kunnen herhalen, is per cm3 palladium slechts een aantal Watt opbrengst. Voor een energiecentrale van 100 Megawatt zou je in dat geval een paar miljoen kilo palladium nodig hebben.

Dat metaal kost 12.000 gulden per kilo. De prijs is door de publiciteit rond Fleischmann's 'ontdekking' met 30 procent gestegen. Een bij ons instituut circulerende grap is dat Fleischmann wel bijzonder veel palladium in huis moet hebben gehaald."

— Stel dat de 'koude' methode van de Engelse scheikundige achteraf toch toepasbaar blijkt. Voelt een natuurkundige zoals Van der Wiel, die de 'hete' methode beproeft, zich dan gepasseerd?

Van der Wiel: „Ik heb er geen moeite mee om van het een op het ander over te stappen. Een natuurkundige is gewend dat zijn werk voor 95 procent bestaat uit zwoegen en zweten voor niets. Het gaat om dat ene mooie moment. Ik kan het wel begrijpen van Fleischmann."

— Maar hij was te snel.

Van der Wiel: „Windmolens bestaan al tweehonderd jaar en toch is er nog geen echt bruikbare windenergie."

Kernfusie

COLLEGE STATION – Geleerden van de Agricultural and Mechanical University van Texas hebben gisteren bekendgemaakt dat ze er in elk geval gedeeltelijk in zijn geslaagd het experiment met kernfusie op kamertemperatuur te herhalen. Charles Martin van de chemiefaculteit en Bruce Gammon en Kenneth Marsh van het onderzoekcentrum voor thermodynamica hebben verklaard dat ze met elektrolyse-methode meer energie hebben opgewekt dan ze hadden ingevoerd. De drie onderzoekers wijzen er echter op dat nog niet duidelijk of deze energieopwekking het gevolg was van kernfusie, of van een tot nu toe onbekende andere chemische reactie.



NRC 29-3-89

Fleischmann geeft collega's uitleg over 'koude kernfusie'

ROTTERDAM, 12 april — De Britse hoogleraar elektrochemie Martin Fleischmann heeft vandaag op een internationaal congres over kernfusie in Erice, op Sicilië, zijn geruchtmakende experiment met 'koude kernfusie' in een glas zwaar water toegelicht. Veel wetenschappers staan sceptisch tegenover zijn beweringen omdat de hoeveelheid warmte die hij, samen met zijn Amerikaanse collega Stanley Pons, beweert te hebben vastgesteld, niet in overeenstemming is met de nucleaire verschijnselen die hij zag.

Wel zijn inmiddels andere groepen erin geslaagd hun experiment gedeeltelijk te herhalen. Zo meldde vorige week een Hongaarse groep neutronen te hebben gemeten, terwijl afgelopen dagen door medewerkers van de A&M University in College Station (Texas) en door medewerkers van Georgia Technology Institute ook succesrijke herhalingen werden gerapporteerd.

Kenneth Marsh, Charles Martin en Bruce Gammon van A&M university zeiden in een glas zwaar water met een palladiumelektrode warmte-ontwikkeling te hebben waargenomen ter grootte van 60-80 procent van de elektrische energie die voor elektrolyse was gebruikt. Zij wilden het effect nog niet absoluut toeschrijven aan kernfusie, maar „de waarschijnlijkheid dat het iets anders is", aldus Marsh, „is wel heel erg klein".

Onderzoekers van Georgia Technology Institute konden de proef, die tot dusverre steeds enkele weken duurde, terugbrengen tot een paar dagen. Vooral de tijdrovende voorbehandeling van de palladium-elektrode kon worden bekort. In een experiment konden 600 neutronen per uur worden aangetoond bij een achtergrond van 40 neutronen per uur. James Mahaffey van Georgia 'Tech' verklaarde dat hij geen warmte-ontwikkeling had waargenomen.

In een commentaar op deze experimenten zei Dale M. Meade, hoofd van het fusie-onderzoek in Princeton, dat het werk van de A&M univeristeit en George 'Tech' nieuw licht geworpen hebben op het moeilijk te begrijpen verschijnsel.

Proef met kernfusie in Moskou herhaald

Door een onzer redacteuren

ROTTERDAM, 13 april — Onderzoekers onder leiding van de hoogleraar vaste stof fysica Runar Kuzmin van de universiteit van Moskou zijn er in geslaagd de geruchtmakende elektrochemische kernfusie-experimenten van Fleischmann en Pons te herhalen.

In reactievaten met een inhoud van anderhalve liter brachten zij zwaar water aan het koken en ontstond een neutronenstraling die de natuurlijke straling met een factor vier à vijf overtrof. De proeven werden in twintigvoud bij kamertemperatuur uitgevoerd. 'Dit heeft het persbureau Tass meegedeeld.

Bij pogingen in de Lawrence Livermore National Laboratories (Californië) om de proeven te herhalen zou het reactievat zijn geëxplodeerd, zo bericht een plaatselijke krant. Omstanders meldden glasschade maar geen gewonden, de onderzoekers zelf weigerden commentaar maar collega's van de Los Alamos Laboratories bevestigden de geruchten.

Op een wetenschappelijk congres in Erice op Sicilië is het gekomen tot een verzoening tussen de hoogleraren Martin Fleischmann van de universiteit van Southampton en Steven Jones van de Brigham Young University in Provo (Utah). Ze maakten bekend weer aan 'koude kernfusie' te gaan samenwerken.

Fleischmann ontweek vragen over de door hem gesignaleerde gevaren van elektrochemische kernfusie en het ontbreken van voldoende controle-proeven. Hij voegt zich binnenkort weer bij mede-onderzoeker professor Stanley Pons in Salt Lake City (Utah).

Jones gaat zijn experimenten binnen twee maanden herhalen in het nieuwe Italiaanse kernfysische laboratorium diep in de Gran Sasso, een bergtop in de Apenijnen. De natuurlijke achtergrondstraling is daar zeer gering.

Intussen lijken de meeste onderzoekers wel overtuigd van het het optreden van kernfusie (en neutronenstraling) bij elektrolyse van zwaar water. De door Fleischmann en Pons waargenomen hitte-ontwikkeling wordt echter steeds vaker aan een 'gewone' (maar onbekende) chemische reactie toegeschreven.

Tijdens een zeer druk bezocht colloquium gisteren op het ECN in Petten werd de suggestie gedaan dat die reactie een ordinaire knalgasreactie tussen deuterium (zwaar waterstof) en zuurstof zou zijn.

NRC Handelsblad (12-4-1989)
NRC Handelsblad (13-4-1989)

De natuurkundige Fermi probeerde in de jaren dertig een atoom te maken dat zwaarder was dan uranium, en bleef met de brokken zitten. Zonder dat hij het besefte, veroorzaakte hij kernsplijting.
En nu komen twee scheikundigen aandragen met wat misschien het ei van Columbus is: kernenergie uit water, op de keukentafel, aangejaagd door een auto-accu.

De koude fusiefusiefusie koorts

door KEES BUIJS

De Brit Martin Fleischmann en de Amerikaan Stanley Pons waren bezig met iets heel anders – isotopenscheiding – en zagen tot hun verbazing verschijnselen die op kernfusie wijzen.

Plasmafysicus prof. Van der Wiel: niet op één paard wedden

Een koude douche voor alle natuurkundigen, die kernfusie najagen door gassen in grote vaten tot miljoenen graden te verhitten? Integendeel: ze zijn prompt koortsachtig aan het experimenteren geslagen met vaatjes zwaar water en staafjes van het metaal palladium. Op Tweede Paasdag stonden ze allemaal proefjes te doen in hun laboratoria.

Stapels post

Een van hen is prof. dr. M.J. van der Wiel, sinds ruim twee jaar directeur van het FOM-Instituut voor Plasmafysica Rijnhuizen in Nieuwegein, en bijzonder hoogleraar in de atoom- en molecuulfysica aan de Vrije Universiteit te Amsterdam.
Op het bureau van prof. Marnix van der Wiel liggen stapels post. Hij wijst ernaar met een flauwe glimlach. De koude fusiekoorts heeft ook hem te pakken gekregen.
De telefoon staat bij hem niet stil. Collega's dragen allerlei ideeën aan, iedereen vraagt om commentaar en toelichting. In korte tijd is hij gebombardeerd tot nationale televisiedeskundige. „Ik heb de afgelopen twee weken bijna niets anders gedaan."

Fusievat

Nog begin dit jaar liet Van der Wiel trots de nieuwste miljoenenaanwinst zien van het FOM-Instituut voor Plasmafysica Rijnhuizen: een fusievat – een zogeheten tokamak – waarin onderzoek gebeurt aan superhete gassen. „Maar toen ik de eerste berichten kreeg over het koude fusie-experiment van Fleischmann en Pons, heb ik tegen een paar collega's gezegd: binnenkort hebben we een tokamak in de aanbieding. Toch, zolang je geen andere methode hebt, moet het zo."

Heeft hij niet even gedacht dat de gangbare methode om fusie op te wekken veel te omslachtig en te duur is, als het zo simpel blijkt te kunnen?

„Dat idee gaat wel door je hoofd, ja. Maar niemand kan het ons kwalijk nemen dat we dit niet hebben bedacht. Het is een verbazend feit: kernfusie met behulp van chemische krachten. Een theorie waarom het werkt, is er nog niet."
Koude kernfusie op de keukentafel is wel heel wat anders dan zijn dagelijkse werk aan gloeiende gassen in ingewikkelde machines.
„Ach, een professionele natuurkundige zal weinig moeite hebben om over te schakelen, als hij een betere methode ziet om zijn doel te bereiken. Dat is het leuke van natuurkunde. Je komt telkens voor verrassingen te staan. Dit zijn echt de krenten uit de pap."

Ook in Nieuwegein ging men dadelijk proefjes doen met zwaar water – de scheikundige naam ervan is deuterium. „Het zware water dat we nu hebben gebruikt, komt uit Noorwegen en stond hier al vijfentwintig jaar in de kast. Het was nog goed; er zaten geen beestjes in."

Twee jaar geleden leidde de ontdekking van mengsels die bij vrij hoge temperaturen supergeleidend zijn, tot ongekende huisvlijt. Wetenschappers schakelden hun familie in om thuis in de magnetron de nieuwe supergeleiders te bakken. Zijn er in Nieuwegein al onderzoekers met flessen zwaar water onder de arm naar



★ Prof. dr. M. J. van der Wiel bij het tokamak-kernfusievat van zijn Instituut voor Plasmafysica: „Binnenkort hebben we een tokamak in de opruiming."

huis gegaan?
„Dat is hier niet gebeurd", zegt Van der Wiel, „maar je kunt deze proeven inderdaad ook thuis doen." Veel mensen weten niet wat zwaar water is. Van der Wiel: „Het ziet er net zo uit als gewoon water; het is alleen iets zwaarder." In een liter water zit gemiddeld 33 milligram zwaar water. De winningskosten bedragen een stuiver per liter. De oceanen bevatten genoeg zwaar water om ons een miljard jaar van energie te voorzien.

Twee wonderen

Volgens hem is er bij het geruchtmakende experiment sprake van twee wonderen. „Dat er überhaupt fusiereacties optreden in een vaste stof, is het eerste. Dat verwacht je niet. Fleischmann ook niet, want hij is er zomaar tegenaan gelopen. En het tweede: hij vond een veel grotere warmteproduktie dan hij kon verklaren, en die hij voorlopig maar toeschrijft aan kernreacties."

Gelooft Van der Wiel in wonderen?
„We geloven het eerste, maar over het tweede hebben we sterke twijfels. Het experiment is nog niet echt herhaald – dat van de Amerikaanse plasmafysicus Steven Jones was een experiment met een ander metaal, titaan – en het is niet te verklaren. Fleischmann probeert het momenteel te herhalen met een grote ploeg onderzoekers, maar het lukt niet erg. Dat is al zeer verdacht."

De ontdekking van kernfusie in een vaste stof kan best een Nobelprijs opleveren. Maar hebben we er ook iets aan bij de opwekking van energie?
„De warmte-ontwikkeling die Jones in zijn experiment heeft gekregen, lijkt helemaal nergens op. En als we de extra warmte-ontwikkeling die Fleischmann meldt, serieus nemen, dan gaat het om enkele Watts per kubieke centimeter palladium. Voor een energiecentrale van een paar honderd Megawatt zou je miljoenen kilo's palladium nodig hebben. Da's niet niks. Maar blijkt het eenmaal te werken, dan kun je je voorstellen dat het allemaal veel efficiënter wordt."
Stel dat Fleischmann en Pons gelijk hebben. Dan is er zeker nog 20 tot 25 jaar nodig, wil hun methode industrieel toe te passen zijn, verwacht Van der Wiel. „Kijk maar hoe lang het duurt voordat je windmolens op industriële schaal kunt produceren. Windenergie is al duizenden jaren bekend. Men is nu vijftien jaar windmolens aan het bouwen, en nog waaien de wieken eraf als het stormt."

Op instorten

Fleischmann en Pons hebben hun collega's over de hele wereld in grote opwinding en in lichte wanhoop gebracht, doordat zij hun onderzoek zo vroeg en zo onvolledig naar buiten brachten.
Vroeger schreven geleerden nog boeken. Daarna werden het artikelen in gezaghebbende tijdschriften. Nu beleggen ze persconferenties, en legt de uitgever kopieën van proefdrukken klaar voor de media.
„Eigenlijk kunnen we zeggen dat het systeem van wetenschappelijke publikaties op instorten staat", verzucht Van der Wiel. „Het is allemaal zo snel gegaan. En blijkbaar moet de wetenschappelijke discussie ook via de pers verlopen."

Grote opwinding

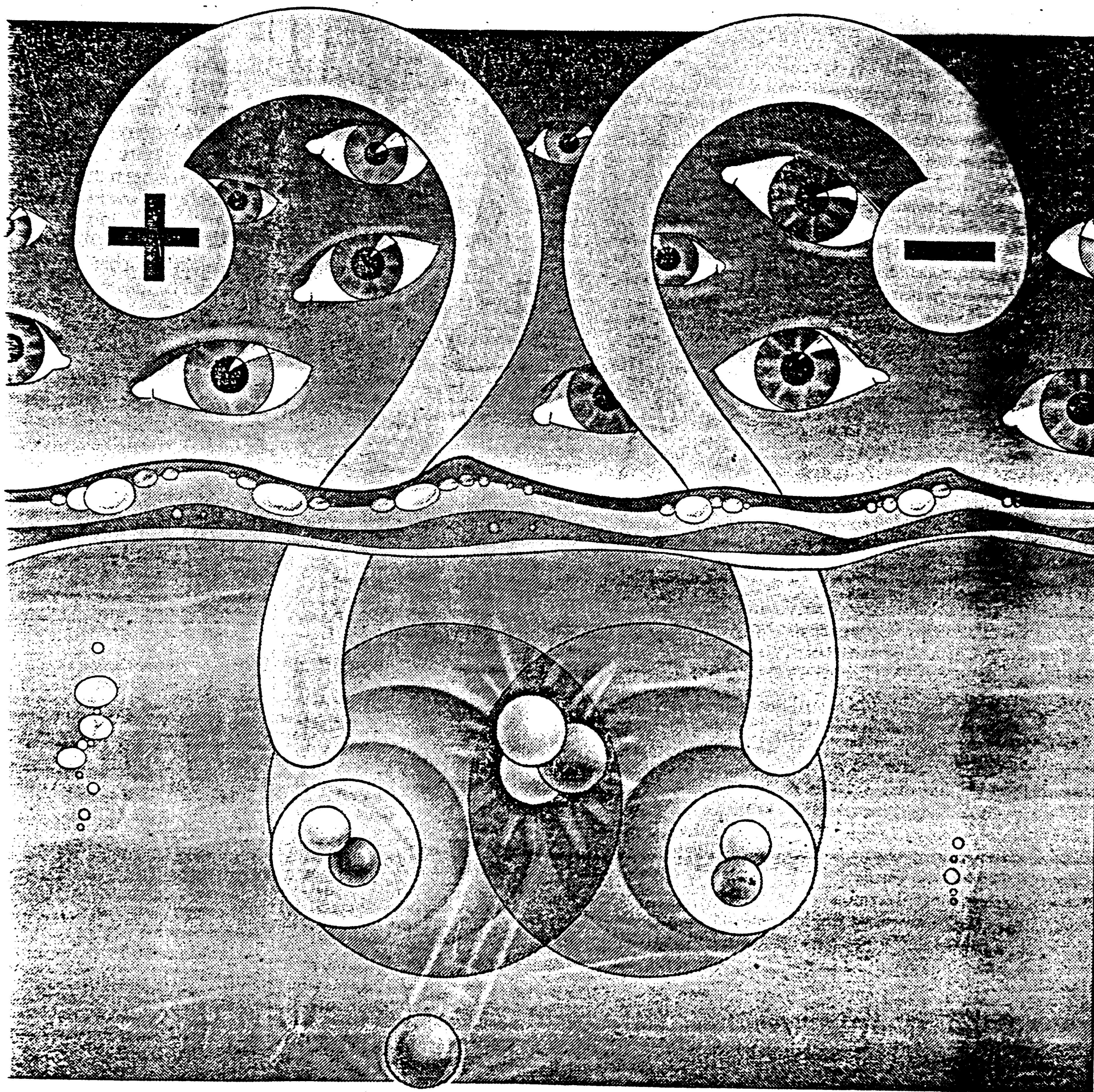
Wereldwijd gaat driekwart van het onderzoeksgeld voor kernfusie naar de methode om gassen te verhitten via magnetische opsluiting, zoals dat heet. Maar het is niet de enige manier. Men steekt bijvoorbeeld flink wat geld in pogingen om vaste bolletjes zwaar water door middel van sterke lasers in elkaar te duwen, en zo te laten fuseren.
Ook bestaat er een manier om zware elektronen – zogeheten muonen – de kernen van zwaar water-moleculen zo dicht naar elkaar toe te laten trekken, dat ze fuseren. Evenals nu zorgde deze vondst in de jaren zestig voor grote opwinding. Het fusieprobleem leek opgelost.
Maar het bleek heel duur om muonen te maken. Er zijn grote deeltjesversnellers voor nodig. Bovendien leeft een muon maar heel kort. Het kan tweehonderd fusiereacties veroorzaken en dan is 't afgelopen. De boodschap is volgens Van der Wiel: „De wetenschap wedt niet op één paard. Er wordt echt op alle fronten onderzoek gedaan."

Een miljard

Duizenden natuurkundigen over de hele wereld werken aan grote onderzoeksprogramma's, waarin veel geld om gaat, en die pas op z'n vroegst over dertig tot veertig jaar fusiestroom uit het stopcontact opleveren. Is de kans niet erg klein dat iemand in de grote groep zegt: laten we het eens héél anders proberen?
Van der Wiel: „Er was ook geen enkele reden om in de richting van de elektrochemie te zoeken. Maar de dingen die we wèl bedacht hebben, onderzoeken we ook.
Wat die dure onderzoeksprogramma's betreft: Europa geeft er een miljard gulden per jaar aan uit. Dat lijkt heel wat. Maar vergeleken met wat we aan energie uitgeven, is het een paar promille. Dat is veel, als je er rekening mee houdt, dat kolen en aardgas over vijftig jaar uitgeput zijn, en we dan alleen nog snelle kweekreactoren hebben? En kijk eens naar dit instituut. Hier gaat tien miljoen gulden per jaar om: evenveel als de transfer van een goede voetballer. Dat heeft ons land over voor zijn onderzoek naar de energievoorziening van de toekomst."
Het Instituut voor Plasmafysica is een van de vijf instituten van de stichting voor Fundamenteel Onderzoek der Materie (kortweg FOM). Daarnaast betaalt FOM een groot aantal werkgroepen aan universiteiten. Bij elkaar telt FOM duizend medewerkers in allerlei takken van de natuurkunde.
Als zou blijken dat de experimenten geen waarde hebben voor de energie-opwekking, denkt Van der Wiel dan niet opgelucht: gelukkig, wat we hier doen is toch niet voor niets?
„Ik zal niet ontkennen dat er misschien mensen in het vak opgelucht zouden zijn. Maar ik zou het een slechte zaak vinden. Een goede fysicus moet vol goede moed aan iets nieuws kunnen beginnen."

'Onderzoek naar nieuwe energiebronnen kost in ons land evenveel als de transfer van een goeie voetballer'

Aller ogen gericht op 'keukentafel'-proef



Enkele weken geleden werd de wetenschappelijke wereld opgeschrikt door berichten uit de Verenigde Staten, waarin bekend werd gemaakt, dat men erin geslaagd was in een eenvoudige proef kernfusie tot stand te brengen. De elektrochemici Stanley Pons van de Universiteit van Utah en Martin Fleischman van de Universiteit van Southampton in Engeland hadden bij kamertemperatuur met behulp van een bakje zwaar water, waarin een positieve elektrode van platina en een negatieve elektrode van palladium waren geplaatst na het inschakelen van een elektrische stroom verschijnselen waargenomen, die hen de overtuiging gaven, dat er kernfusie had plaats gevonden.

De 'koude' fusie sloeg in als een bom. Terwijl over de gehele wereld in de afgelopen tientallen jaren aan kernfusie-onderzoek miljarden guldens zijn uitgegeven om kernfusie tot stand te brengen en de energiebron, die de Zon en de sterren doet stralen te temmen, komen daar opeens twee elektrochemici, die met een 'huis, tuin en keuken'-proef in die opzet slagen.

Op veel plaatsen, waaronder ook op het FOM-Instituut voor Plasmafysica Rijnhuizen in Nieuwegein, is inmiddels het experiment met meer of minder succes herhaald. Men is het erover eens, dat er iets aan de hand is Het fijne weet men er echter nog niet van. De twijfels hebben op het ogenblik de overhand.

CONFUSIE OVER KOUDE FUSIE

De collegezaal in de aula van de Technische Universiteit Delft is overvol. Honderden belangstellenden zijn toegestroomd om te luisteren naar het colloquium *'Koude Fusie. Storm in een glas water?'*, dat dr. ir. C.W.E. van Eijk, medewerker van de Vakgroep Spectroscopie en Stralingstechnologie, zal houden.

Op het Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN) in Petten is het de volgende dag van hetzelfde laken een pak. Daar houdt prof. dr. J.A. Goedkoop, oud-wetenschappelijk directeur van het ECN, eveneens een colloquium. Hij heeft zijn voordracht de titel 'Koude fusie of kouwe drukte' meegegeven.

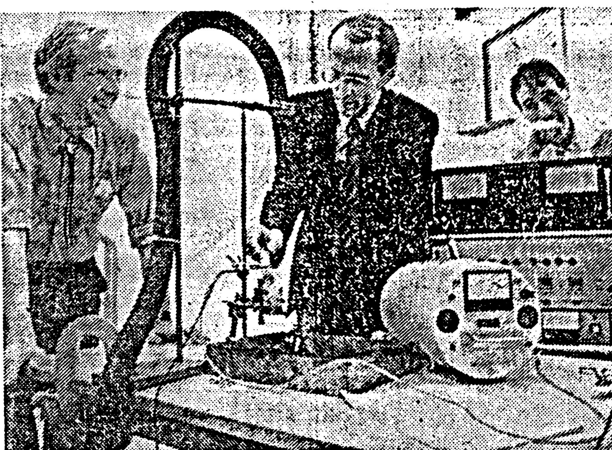
De proef van Fleischmann en Pons houdt ook in ons land de gemoederen bezig. Alles draait om de koude fusie in een glas zwaar water. In een molecuul zwaar water zijn de twee waterstofatomen, die in een molecuul gewoon water aanwezig zijn, vervangen door twee atomen deuterium, het zwaardere broertje van water. De deuteronen, de kernen van het deuterium-atoom, bestaan uit een proton en een neutron.

Wanneer twee deuteronen met elkaar samensmelten en dus van kernfusie sprake is, kunnen er drie reacties plaats vinden. Bij de meest voorkomende reactie ontstaat er helium-3, een neutron en warmte. Het is ook mogelijk, dat er tritium, het nog zwaardere broertje van waterstof, en een proton vrijkomen en tenslotte kan er in zeldzame gevallen ook nog helium en gammastraling ontstaan.

Palladium

Pons en Fleischmann gebruikten bij hun proef een negatieve elektrode van het metaal palladium. Dit metaal heeft evenals het metaal titanium de eigenschap als een soort spons waterstof en ook deuterium op te zuigen. Deze absorptie van waterstof kan bij kamertemperatuur wel het duizendvoudige van het eigen volume bedragen. Bij de elektrolyse worden de positieve deuterium-ionen naar de negatieve palladium-elektrode getrokken en in het metaal opgenomen.

Volgens de Engelse en de Amerikaanse geleerde heeft nu in dat palladium de kernfusie plaats gevonden. Bij hun proef werden neutronen gemeten met precies de energie, die verwacht kon worden, wanneer een deuteron-deuteron kernfusie-reactie had plaats gevonden. Ook tritium en andere straling kon door hen waargenomen worden. Hun belangrijkste waarneming bestond echter uit het vrijkomen van warmte, van energie en wel van meer energie dan ze erin gestopt hadden.



■ **Op het FOM-Instituut voor Plasmafysica Rijnhuizen in Nieuwegein slaagde men er niet in de 'koude fusie'-proef te herhalen.**

Twijfelachtig

Een vergelijkbaar experiment van de Amerikaan Steven Jones van de Brigham Young Universiteit, die een negatieve elektrode van titanium gebruikte en bijna tegelijk met Fleischmann en Pons zijn resultaten bekend maakte, leverde wel de straling op. Jones kon echter de warmteclaims van zijn collega's niet bevestigen.

Deze bevestiging kon ook bij het op vele plaatsen ter wereld herhalen van het experiment niet gekregen worden. Soms was er wel sprake

van warmte-ontwikkeling, maar dan ontbraken de neutronen, die bij een kernfusiereactie toch vrij moeten komen.

In een commentaar op de proeven van F&P en Jones stelt een groep Nederlandse deskundigen, die vorige week in een brainstorm-sessie bijeen waren, dat de onderzoekers in ieder geval neutronen hebben waargenomen met een energie, die overeenkomt met een deuterium-fusie reactie. Hoewel het aantal neutronen veel en veel (een factor honderd miljoen!) te klein is, spreken zij toch over een verschijnsel, dat van groot fundamenteel belang is. Vooral het onderzoek van F&P wordt door hen als twijfelachtig beoordeeld, omdat er bij voorbeeld een aantal voor de hand liggende controles door hen niet uitgevoerd zijn.

Overigens wordt er in de commentaren, die in de natuurkundige wereld de ronde doen, steeds weer gewezen op de gevaren, die de proef van



■ Steven Jones van de Brigham Young Universiteit in de Amerikaanse staat Utah.

Fleischmann en Pons met zich mee kan brengen, wanneer hij op ondeskundige manier uitgevoerd wordt en de door hen waargenomen verschijnselen inderdaad reëel zijn. Men spreekt over de vrijkomende neutronen, die onschuldige metalen tot straling kunnen brengen. De kans op explosies wordt niet denkbeeldig geacht en ook het vrijkomen van het giftige tritium hoort in het gevarenrijtje thuis.

Een Amerikaanse onderzoeker waarschuwde in dit verband. „Er bestaan nog geen gegevens, die erop wijzen, dat er bij de proef gevaarlijke straling vrijkomt, maar het heeft geen zin een beroemd dood persoon te zijn en nog minder en beroemde bijna dode, kale geleerde."

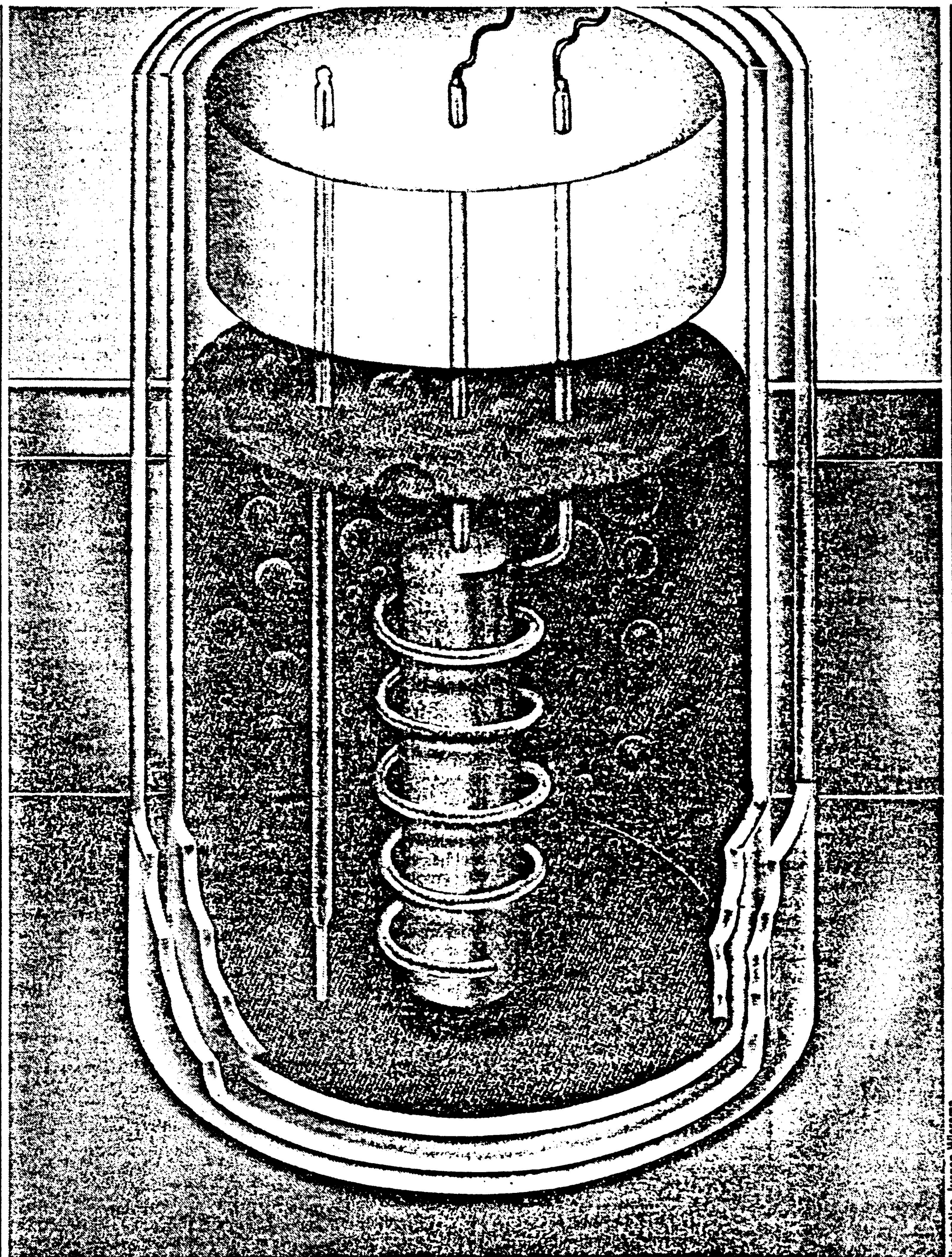
Koude kernfusie. Er is iets gaande, maar men weet niet wat. Voorlopig kan de gedachte aan een huisvlijt-energiecentrale, waarin via kernfusie op een grote schaal enorme hoeveelheden energie gewonnen kunnen worden, wel opzij gezet worden. „Het idee de Zon te kunnen temmen in een reageerbuis is science fiction," aldus een Amerikaanse fysicus.

KOUDE KERNFUSIE

Karel Knip
Rob Biersma

Het bericht van de koude kernfusie in zwaar water heeft de Nederlandse pers weer eens in de gelegenheid gesteld diep in de trommel van de vaderlandse zegswijzen te grijpen. Storm in een glas zwaar water, kouwe drukte en koude kermis waren door iedereen al gauw gevonden. Meer zullen ongetwijfeld nog volgen met variaties tussen koud kunstje en koude douche.
Hoewel het publiek schouderophalend water ziet branden, heerst in vakkringen nog steeds hevige opwinding. Zoals prof. dr J.A. Goedkoop, tot voor kort directeur van het Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN) te Petten, het vorige week in een stampvolle zaal met onderzoekers zei: "Kouwe drukte? Allerminst!".
In honderden laboratoria ter wereld wordt hard gewerkt aan herhaling van het experiment dat het Amerikaans-Britse duo Pons en Fleischmann op 23 maart in Salt Lake City wereldkundig maakten. Bevestigingen werden intussen gemeld uit Hongarije, Texas en Georgia in de VS, Moskou en Tokio, maar waarschijnlijk houden de succesrijkste laboratoria hun resultaten geheim om te ontsnappen aan de publicitaire kermis van de media. Het Engelse Harwell-laboratorium, dat eind maart door Fleischmann persoonlijk werd geïnstrueerd, werkt met vijf man tegelijk aan tien proefopstellingen. Voorlichter Nick Hance wil er echter niets over kwijt: "De eerste publicaties volgen pas over enige maanden".
Professor Martin Fleischmann van de universiteit van Southampton en professor Stanley Pons van de universiteit van Utah (Salt Lake City) brachten hun onderzoek langs ongebruikelijke weg in de openbaarheid — nog voor de persconferentie in Salt Lake City bracht de Financial Times de hoofdpunten van het nieuws op de voorpagina. Hoewel hun mededelingen zeer onvolledig bleven, wisten zij gedurende een week alle aandacht naar zich toe te trekken. Maar binnen diezelfde week begon een *preprint* van een degelijk ogend artikel van een rivaliserende groep in wetenschappelijke kringen te circuleren. Deze groep, onder leiding van professor Steven Earl Jones van de mormoonse Brigham Young University in Provo (eveneens in Utah) en de theoretisch fysicus Johann Rafelski van Arizona University, kwam verrassenderwijs met resultaten die grote gelijkenis met het werk van Fleischmann en Pons vertoonden en hun ontdekking voor een belangrijk deel bevestigden.

De claims van Fleischmann en Pons waren verstrekkend. Bij elektrolyse van zwaar water vonden zij in de elektrode van palladium (een zeldzaam edelmetaal) produktie van neutronen en radioactief tritium onder vrijkoming van hitte. Volgens hun zeggen kwam 4,5 maal meer warmte vrij dan zij er aan elektriciteit inbrachten, een verschijnsel dat zij alleen maar aan kernfusie konden toeschrijven. Zij verzuimden niet erop te wijzen dat dit proces in principe toegang verschafte tot een nagenoeg ongelimiteerde bron van



De cel van Pons en Fleischmann die zeer veel hitte ontwikkelde. De palladium-elektrode is een dik staafje, de tegenelektrode is van gewikkeld platinadraad (de isolerende glazen staafjes ertussen zijn niet getekend). Links de microthermometer.

energie. Details werden de nieuwsgierige wetenschappers op de vele lezingen die volgden evenwel onthouden, een publicatie zou in voorbereiding zijn.
Een sterk contrast hiermee vormde de *preprint* van Jones en Rafelski ('Observation of cold nuclear fusion in condensed matter') die, hoewel vertrouwelijk, via de faxapparatuur zijn weg gevonden had tot honderden laboratoria in de wereld. Jones, een gerenommeerd plasmafysicus, geeft overtuigende metingen van het optreden van kernfusie, maar vindt geen warmte. De proefopzet wordt voldoende beschreven. De kernfusie, in het metaal titaan, heeft een geringe intensiteit. Het artikel gaat verder in op mogelijke kernfusies in het binnenste van de aarde en de geologische consequenties daarvan. Zo geeft hij een verklaring voor het voorkomen van radioactief tritium bij de vulkaanuitbarstingen van de Mauna Ulu (Hawai) in 1972. Ook de onbegrepen warmteontwikkeling van de planeet Jupiter zou door koude kernfusie verklaard worden. In een laatste alinea noemt hij terloops de mogelijkheid van energieopwekking.
Meer dan de *brouhaha* van Fleischmann en Pons, zoals *Science* het noemde, bracht het artikel van Jones de fysici tot de overtuiging dat koude kernfusie met eenvoudige middelen inderdaad mogelijk was. Zoals dr. R. Griessen, hoogleraar vaste stof fysica aan de VU, het op het journaal uitdrukte (met het zojuist doorgefaxte manuscript in zijn hand): "Dit is van een geheel ander kaliber. Dit zijn experimenten die we kunnen nadoen." Ook prof.dr. C.M. Braams, tot voor kort directeur van het FOM-Instituut voor Plasmafysica, vond Jones' resultaten overtuigend, maar behield reserves ten aanzien van Fleischmann: "Zijn gevonden warmte en zijn neutronenproduktie kloppen niet met elkaar: ze verschillen een factor 10^8".
De waardering voor de groep van Jones en Rafelski steeg nog meer toen kort daarna een tweede vertrouwelijk manuscript via de fax ging circuleren ('Limits on cold fusion in condensed matter: a parametric study'), waarin de waarschijnlijkheid van koude deuteriumfusie in metaalroosters theoretisch wordt uitgewerkt. Hiervan is Rafelski de eerste auteur. Professor Goedkoop noemde in zijn colloquim vooral deze publicatie interessant: "Zij tonen aan dat de kans op fusie van kernen sterk afhangt van het soort deeltjes dat de kernen in elkaars buurt houdt. De kernen van een deuteriumpaar dat



Martin Fleischmann (rechts) en Stanley Pons in hun laboratorium in Salt Lake City. Voor hen een waterbak met daarin vier cellen..



Stanley Pons met een van zijn cellen waarin kernfusie wordt opgewekt. De cel is dubbelwandig om warmtemetingen te kunnen doen.

door een muon bijeen wordt gehouden, fuseren onmiddellijk, terwijl er bij binding door een gewoon elektron niets gebeurt. Rafelski rekent voor dat een theoretische verdubbeling van de elektronmassa de kans op fusie met een factor 10^{30} doet stijgen." Het is denkbaar dat de vrije elektronen van een metaalrooster in hun gezamenlijkheid een dergelijk effect oproepen, zeker als er stroom doorloopt.

Puur toevallig

Maar wat moet de wereld denken van twee onderzoeksgroepen in Utah die op 50 kilometer afstand van elkaar tot dezelfde ontdekking komen en volhouden dat dat puur toevallig is? Dit: dat dat niet waar kan zijn. Fleischmann heeft met zijn geruchtmakende persconferentie, waarbij het bestaan van Jones en Rafelski verzwegen werd, veel onderzoekers tegen zich ingenomen. Vooral het patent dat de Universiteit van Utah onmiddellijk nam, wekte de indruk dat het Fleischmann en Pons, die 100.000 dollar aan eigen geld in hun onderzoek hadden gestoken, te doen was om de prioriteit. Jones daarentegen zou de correcte wetenschapper zijn die slechts naar buiten wil treden met wetenschappelijke publicaties.

Maar de werkelijkheid is toch enigszins anders, zoals *Science* op 7 april beschrijft. Zeker is het zo dat de beide groepen onafhankelijk van elkaar gekomen zijn tot onderzoek van deuteriumfusie in metaalroosters. Fleischmann verrichtte al sinds het begin van de jaren zeventig onderzoek aan fusie in metalen en Jones is, blijkt uit aantekeningen in zijn laboratoriumjournaal, daarmee in 1986 begonnen. Pas als Fleischmann en Pons, die bevriend zijn, in de herfst van 1988 subsidie voor hun werk aanvragen bij het Department of Energy, komt Jones het bestaan van concurrerend onderzoek te weten. Hij wordt gevraagd op te treden als 'reviewer' voor de aanvraag en besluit samenwerking aan te bieden. Hij wijst het Department of Energy (DoE) erop dat de groepen elkaar technisch goed zouden aanvullen: Fleischmann en Pons hebben zich toegelegd op een nauwgezette warmtemeting, Jones heeft zich voorzien van een *state of the art* neutronenteller.

Volgens Pons, schrijft *Science*, is echter nooit serieuze belangstelling voor samenwerking met Jones getoond. "We hebben zijn neutronenteller nooit nodig gehad, we hebben die teller nooit gewild." Jones beweert niettemin dat hij desgevraagd veel informatie over de teller verstrekt heeft. Hij geeft toe dat hij, zoals Pons zegt, tegenover DoE bedenkingen over de theoretische onderbouwing van Pons' onderzoek geuit heeft, maar zegt later door de waarde van Pons' werk overtuigd te zijn. Hoewel er inmiddels geruchten gaan over een schenking van vijf miljoen dollar van de staat Utah voor een centrum voor koude kernfusie in Salt Lake City dat door de voormalig NASA-directeur James Fletcher zou moeten worden geleid, is de DoE-subsidie van 322.000 dollar nog steeds niet officieel toegekend.

Er treedt een minimale ideeënuitwisseling op tussen de groepen, totdat Jones in februari van dit jaar bekend maakt dat hij zijn onderzoeksresulaten gaat publiceren. Fleischmann en Pons willen nog graag anderhalf jaar in stilte werken en vragen aan Jones om openbaarmaking van het onderzoek uit te stellen.

Maar Jones kan niet meer terug. Hij heeft zich verbonden om op de vergadering van de American Physical Society van 4 mei zijn werk te bespreken. Fleischmann en Pons bieden hem tenslotte aan om gezamenlijk te publiceren in *Nature*, Jones gaat daarmee akkoord, maar er ontstaat onduidelijkheid over de voorwaarden. Jones zegt: "We hadden afgesproken daaraan voorafgaand niets naar buiten te laten komen". Pons ontkent dat en omdat de universiteit van Utah zich langzamerhand zorgen over de patenten begint te maken, wordt plotseling besloten op 23 maart een persconferentie te beleggen, waarover Jones niet werd ingelicht.

Jones beschouwt dit als een inbreuk op de afspraak en zendt onmiddellijk zijn manuscript voor *Nature* per fax de wereld rond. Via de University of Arizona, het Princeton Plasma Physics Laboratory en de Joint European Torus in Engeland bereikt het 'vertrouwelijke' manuscript op 30 maart ook Nederland. Enkele dagen later faxt Jones zijn tweede, theoretische artikel de wereld in.

De manuscripten van Jones en Rafelski ondervinden veel waardering, maar blijven vooralsnog *manuscripten*, dat wil zeggen: het valt nog te bezien of een tijdschrift ze accepteert, een officiële status hebben ze niet. Niettemin is het meer dan alleen de geruchten van Fleischmann en Pons.

Maar dezen slaan terug. Plotseling maakt het wetenschappelijk tijdschrift *Journal of Electroanalytical Chemistry and Interfacial Electrochemistry*, een uitgave van Elsevier Sequoia S.A. te Lausanne, bekend dat het nummer van 10 april een 'preliminary note' van Fleischmann en Pons over koude kernfusie zal bevatten. De *editor* van het tijdschrift is R. Parsons van de universiteit van Southampton, die Fleischmann dagelijks tegenkomt. Elsevier zegt dat de 'note' ('Electrochemically induced nuclear fusion of deuterium') de gebruikelijke referee-procedure heeft ondergaan en nodigt andere onderzoekers uit manuscripten over koude kernfusie in te zenden, waarna zij snelle plaatsing garandeert.

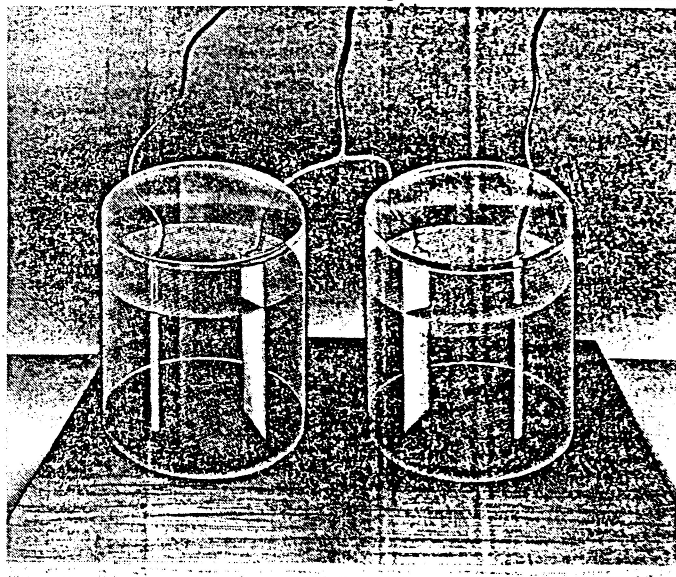
Terwijl *Nature*, die de manuscripen van beide groepen zou krijgen, er correct tegenover de media het zwijgen toe doet, maakt Elsevier Sequoia op 31 maart de inhoud van Fleischmann en Pons' 'note' tot in detail bekend. *Nature* die altijd verklaarde pas in mei met het eerste stuk over koude kernfusie te komen, geeft nu te kennen dat op 27 april één artikel over koude fusie zal worden gepubliceerd. Aangenomen wordt dat het een van de stukken van Jones en Rafelski is.

Wat staat er nu in de 'note' van Fleischmann en Pons? Zij beschrijven vier soorten metingen: warmtebepalingen bij stroomdoorgang in een oplossing van LiOD (litiumdeuteriumoxyde) in zwaar water met elektroden van verschillend formaat, een bepaling van gammastraling, meting van de neutronenflux, en een bepaling van het vrijkomende radioactieve tritium.

Er wordt ook inderdaad in geringe mate tritium, gammastraling en neutronen-produktie aangetoond, maar het interessantste zijn de warmtebepalingen, waaruit blijkt dat de gevormde warmte evenredig is met het volume van de palladium-elektrode. Fleischmann en Pons vinden meer geproduceerde warmte dan is toegevoerd in de vorm van elektriciteit, in het beste geval zelfs 4,5 maal zoveel. Spectaculair is de mededeling bij de proef met de kubusvormige elektrode van 1 x 1 x 1 cm: 'WARNING! IGNITION? See text'. Zij waarschuwen voor gebruik van veel reactiever mengsels van deuterium met tritium. Vetgedrukt vinden we verderop: 'We have to report here that under the conditions of the last experiment, even using D_2O alone, a substantial portion of the cathode fused (melting point 1554 °Celsius), part of it vapourised, and the cell and contents and a part of the fume cupboard housing the experiment were destroyed.' Eerder al had Fleischmann gezegd dat er tijdens dit ongeluk een gat van tien centimeter in de bodem van de zuurkast was gebrand.

Hoewel alle deskundigen onmiddellijk erkennen dat de elektrochemische opzet van Fleischmann en Pons superieur is aan die van Jones, stelt de 'preliminary note' hun voor drie grote problemen. In de eerste plaats blijkt het experiment, zoals bekend, niet gemakkelijk herhaalbaar. Ten

De opstelling van Jones en Rafelski is dubbel uitgevoerd. Alleen het bekerglas met de titaanelektrode produceerde neutronen. Onder de opstelling bevindt zich de neutronenteller.



tweede bestaat er geen verklaring voor de grote warmteontwikkeling bij zo'n geringe neutronenproduktie. Het commentaar van Rafelski: "Als de warmte alleen van deuteriumfusie had moeten komen, dan waren er zoveel neutronen geproduceerd, dat ze allang dood geweest zouden zijn".

Maar er is nog een derde bezwaar tegen de 'note'. Veel wijst erop dat Fleischmann en Pons belangrijke resultaten achterhouden. Lezers worden niet in staat gesteld de berekeningen te controleren. Goedkoop: "Zo zou ik wel eens willen weten hoe zij hun *excess rate of heating* definiëren. Het was voor twee gerenommeerde elektrochemici een kleine moeite geweest daarvoor de juiste gegevens op te nemen". De Nederlandse plasmafysici moesten hartelijk lachen om de waarschuwing IGNITION? Ignition is een term uit de tokamak-fusie.

Zeker zo verdacht is de beschrijving van de warmtemeting over 120 uur, waarbij alleen het netto resultaat wordt opgegeven, terwijl moet worden aangenomen dat talloze malen nieuw zwaar water werd aangevuld, wat de zuiverheid van de meting sterk vertroebelde. Hoe kwam trouwens die warmte vrij? Op een druk bezocht colloquium van de fysicus dr. C.W.E. van Eijk op 11 april aan de TU Delft zei deze dat hij op de computermail uit Cern had gelezen dat de warmte 'in pulsen vrijkwam': "In de grote hoeveelheid mail die ik afgelopen week heb gelezen, kwam ik deze mededeling maar één keer tegen, maar het trof me wel". Fleischmann zelf schrijft de vreemde verschijnselen toe aan 'een nog onbekende vorm van kernfusie'.

Pure alchemie

Er bestaat dus ernstige kritiek op de 'note' van Fleischmann en Pons, maar ook het manuscript van Jones is niet vlekkeloos. Het allegaartje aan zouten dat hij in de oplossing heeft geworpen, wekt bij elektroche-

KOUDE KERNFUSIE

vervolg van pagina 1

mici vooral lachlust op. "Pure alchemie", zegt TNO-chemicus dr. P.J. van Duin. En uit de beschrijving blijkt dat zijn experimenten allemaal op een vreemde manier aflopen: er ontstaat een bruin neerslag op de titaanelektrode en de neutronenproduktie valt na acht uur dramatisch terug. Warmte wordt niet gemeten. Jones erkent overigens in zijn manuscript dat de opstelling verre van perfect is. Maar... van zijn neutronenmeting is iedereen zeer onder de indruk en deze vormt voor het bewijs van koude kernfusie de hoofdzaak.

En het enthousiasme is dan ook nog geenszins teruggelopen onder de Nederlandse fysici. Tijdens het colloquium in Delft leidt de academische scepsis van Van Eijk tot de verontwaardigde uitroep uit de zaal: "Dit doet me denken aan het neersabelen van de ontdekker van het Mössbauer-effect. Iedereen wist die jonge onderzoeker haarfijn uit te leggen waarom zijn waarneming theoretisch onmogelijk was. En een half jaar later was zijn gelijk bewezen."

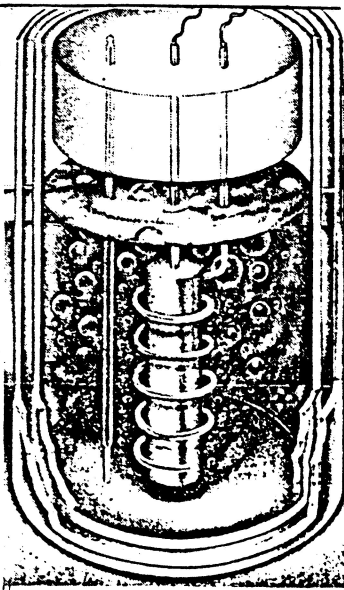
Ook Goedkoop zegt aarzelend: "Het doet me aan de ontdekking van supergeleiding bij hoge temperatuur denken en aan de opwekking van kernsplijting van Hahn en Strassmann. Dat werd ook als een laboratoriumgrapje afgedaan."

Koude fusie in metaalroosters wordt nu in honderden laboratoria ter wereld verbeten onderzocht. Afgezien van de neutronenteller zijn alle hulpmiddelen gemakkelijk te bestellen en binnen een dag in huis. Na een speciale bijeenkomst van twintig Nederlandse specialisten en de voorjaarsvergadering van de Nederlandse Natuurkundige Vereniging is aan suggesties voor verbetering van de experimenten geen gebrek. Doe alle proeven eens over met gewoon (licht) water en kijk of er dan net zo veel warmte vrijkomt — als dat zo is, dan berust de warmteontwikkeling gewoon op een chemische reactie.

Emeritus-hoogleraar dr. J.J.A. Ketelaar sprak in Petten het vermoeden uit dat de warmte een gevolg is van een reactie tussen deuterium en zuurstof (dat immers bij de andere elektrode wordt gevormd). En dat kan zonder vonk zoals iedere bezitter van een katalytische kachel kan vertellen. TNO-chemicus D. Schmal zegt: "Er zijn katalytische accudoppen die hierdoor gewoon heet worden. Ik verwacht de hitteontwikkeling bij die zwaarwaterproeven vooral nadat de stroom wordt afgezet". Inderdaad waarschuwt Pons voor al te plotseling afzetten van de stroom.

In het FOM-instituut in Nieuwegein merkte prof.dr. M.J. van der Wiel dat de palladium-elektrode heet werd *nadat* deze uit het bekerglas werd gehaald, wat erop duidt dat het deuterium uit de elektrode ook goed met luchtzuurstof reageert. Het lijkt overigens onwaarschijnlijk dat Fleischmann en Pons niet aan deze voor de hand liggende reacties hebben gedacht.

Ook een aardige suggestie is: meet eens ³He. Dan kun je vaststellen of in metaalroosters de beide bekende fusiereacties van deuterium wel of niet in gelijke mate optreden. Nog



Illustratie Jurgen Wiersma

een suggestie: voeg, ondanks Fleischmanns nadrukkelijke waarschuwing, toch eens tritium toe. Dan moet de reactie veel sneller gaan lopen.

Goedkoop, die nota bene zelf in de jaren vijftig samen met dr. J. Bergsma de structuur ophelderde van het systeem palladium-waterstof, deed in Petten een serie onderzoeksvoorstellen waarvan in ieder geval een in het ECN al in uitvoering is: de roosterdynamica van palladium-deuterium onder elektrolyse met behulp van neutronen-diffractie.

Maar wat als alle inspanningen niet leiden tot de opwekking van energie? Goedkoop: "Als de warmteproduktie een triviale oorzaak heeft, dan hebben we in ieder geval een bruikbare neutronen-generator."

Intussen heeft Westinghouse, de grootste bouwer van kerncentrales in de Verenigde Staten, een optie genomen op de fusie-patenten van de Universiteit van Utah.

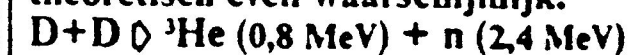
Experimenten komen niet uit de lucht vallen

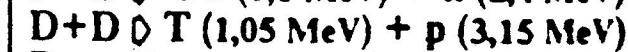
Kernfusie is het proces waarbij twee lichte atoomkernen met elkaar fuseren onder vrijkoming van energie in de vorm van warmte, deeltjes en straling. Binnen de zon en andere sterren vindt fusie plaats van waterstof (H), maar bij aardse temperaturen is dit niet mogelijk.
In laboratoria richt men zich daarom op 'makkelijkste' fusie van deuterium en tritium. Deuterium (D) is 'zware' waterstof met een kern van een proton èn een neutron; tritium (T) bevat zelfs twee neutronen en is daardoor niet meer stabiel, het vertoont radioactief verval met een halfwaardetijd van 12,3 jaar.
Deuterium komt algemeen op aarde voor; op iedere 6.000 waterstofatomen komt 1 deuteriumkern voor. De winning van 'zwaar water' (D_2O) uit zeewater is niet duur, een liter zwaar water met een zuiverheid van 99,7 procent kost volgens Norsk Hydro, die het al decennia langs elektrolytische weg bereidt, ongeveer 2.000 Noorse kronen (ƒ 600). Tritium daarentegen wordt bereid in versnellers en is vrij kostbaar.
De hoeveelheid energie die vrijkomt bij kernfusie is van een geheel andere orde dan bij verbranding van olie, kolen en gas. Fusie van 1 gram deuterium komt overeen met verbranding van 10.000 liter olie. Het enige dat hierbij in de buurt komt is splijting van zware kernen als uranium, plutonium en thorium. Zoals bekend zijn de voorraden uranium op aarde beperkt en scheppen bereiding en verwerking problemen.

De eerste toepassing van kernfusie vormde de 'waterstof'-bom uit de jaren vijftig, eigenlijk een deuterium- en tritiumbom. Onmiddellijk hierna is men begonnen kernfusie beheersbaar te maken.
Maar het 'temmen' van de waterstofbom is een zaak van lange adem gebleken. Het fusieonderzoek richt zich in hoofdzaak op deuterium- en tritiumgas van miljoenen graden Celsius (plasma) dat magnetisch wordt opgesloten in zogenaamde 'tokamaks', machines van een Russisch ontwerp. Ondanks de gezamenlijke inspanning van vele landen vordert het onderzoek slechts moeizaam; men verwacht volgens deze lijn geen netto energieproduktie voor het jaar 2020. Het Europese plasmaonderzoek vindt plaats in JET (de *Joint European Torus* in Culham, Engeland) ondersteund door nationale laboratoria. In Nederland doet het FOM-instituut voor Plasmafysica te Nieuwegein aan fusieonderzoek.

Een tweede manier om tot beheersbare kernfusie te komen is 'traagheidsopsluiting', een techniek waarbij kleine bolletjes deuterium zeer plotseling met lasers worden verhit. De opwarmtijd is zo kort dat het hete gasbolletje al tot fusie komt voordat het uit elkaar spat. Dit onderzoek, dat vooral in de VS plaatsvindt, belooft ook geen spoedige doorbraak.

Een derde onderzoekslijn die al een tiental jaren bestaat, is 'koude kernfusie'. In tegenstelling tot tokamaks en laserverhitting, waarbij de te fuseren kernen door hoge temperaturen op elkaar moeten botsen, probeert men door een 'chemische truc' de kernen elkaar dicht te laten naderen. Een normaal deuteriummolecuul (D_2) bestaat uit twee deuteriumkernen op een gemiddelde afstand van 0,74 Ångström die bij elkaar worden gehouden door twee bindingselektronen. De kernen stoten elkaar af door hun positieve lading, waardoor de kans op een 'spontane' kernfusie uiterst gering is: 10^{-74} per seconde per deuteriumpaar. Een molecuul bestaande uit deuterium en tritium (DT) fuseert een factor 1.000 maal gemakkelijker (10^{-71} per seconde per DT-paar), maar dit is nog veel te langzaam voor praktische toepassing.
Het is echter mogelijk om de kernen dichter bij elkaar te brengen. Vervangt men de bindingselektronen van het deuteriummolecuul door een *muon* (een elementair deeltje met een massa die 207 maal zo groot is als van een elektron) dan ontstaat een 'exotisch molecuul' met een kernafstand van 0,036 Ångström. Fusie vindt bijna onmiddellijk plaats: binnen 10^{-10} seconde. Het muon komt daarbij weer vrij en kan een ander deuteriummolecuul tot fusie brengen. Omdat dit proces gelijkenis vertoont met chemische katalyse, waarbij de katalysator de reactie wel versnelt maar niet wordt verbruikt, noemt men dit proces ook wel 'muon-gekatalyseerde fusie'.
De reden waarom deze muon-gekatalyseerde kernfusie nog niet tot een doorbraak heeft geleid, was dat een muon — dat kan worden gemaakt in een deeltjesversneller — slechts een korte levensduur heeft en wordt weggevangen door nevenreacties.
Men vermoedt dat de 'koude kernfusie' die sinds kort is waargenomen in metalen als palladium en titaan, hiermee vergelijkbaar is. Metalen als palladium en titaan hebben de eigenschap om grote hoeveelheid waterstof (en ook deuterium) in hun rooster 'op te zuigen'. Deuterium krijgt hierdoor de dichtheid van een vloeistof. Binnen het rooster zouden de vrije elektronen van het metaal de onderlinge afstoting van de deuteriumkernen kunnen verminderen, waardoor de fusiekans aanmerkelijk stijgt.
De twee volgende reacties zijn hierbij theoretisch even waarschijnlijk:


$D + D \rightarrow {}^3He$ (0,8 MeV) + n (2,4 MeV)


$D + D \rightarrow T$ (1,05 MeV) + p (3,15 MeV)

Dat wil zeggen dat deuteriumfusie ofwel de helium-isotoop ^3He met een neutron levert, ofwel leidt tot de vorming van tritium met een proton. Van deze reactieprodukten zijn het neutron en tritium het gemakkelijkst aantoonbaar.
^3He werd in 1978 door de Russische fysicus B.A. Mamyrin aangetoond in verschillende metalen. Toen al opperde hij de mogelijkheid dat dit was ontstaan door een soort koude kernfusie. Ook bij het laser-snijden van diamant hebben onderzoekers concentraties van ^3He aangetroffen die op vorming ter plekke wijzen.
Terwijl de groep van Jones en Rafelski vooral uit theoretische overwegingen naar koude kernfusie in metaalroosters ging zoeken, hadden de elektrochemici Fleischmann en Pons al twintig jaar eerder vreemde effecten bemerkt bij hun experimenten die in die richting wezen. Koude kernfusie komt dus niet uit de lucht vallen.

Illustraties Jurgen Wiersma

Opwinding over fusie in palladium-deuteriumelektroden

Kernfusie bij kamertemperatuur?

Na Tokamak en bolbliksem, treedt kernfusie nu ook op bij elektrolyse van zwaar water. Althans, dat suggereren de schaarse feiten. De opwinding van twee jaar geleden, 'supergeleiding bij kamertemperatuur', keerde een ogenblik terug in de natuurkundige wereld. Een eerste reactie.

Plotseling staat het metaal palladium weer in het middelpunt der belangstelling. Honderddrieëntwintig jaar nadat de Engelse muntmeester Thomas Graham had ontdekt dat palladium grote hoeveelheden waterstof kan opnemen en afstaan[1], leek men onderhand uitgekeken op het palladium-waterstof-systeem. De verbazingwekkende mededeling dat twee elektrochemici, M. Fleischmann van de University of Southampton in Engeland en S. Pons van de University of Utah kwam dan ook als een volstrekte verrassing. Zij beweren dat ze kernfusie hebben waargenomen in een palladium-deuterium-elektrode. De meeste fysici reageren uiterst sceptisch over deze 'ontdekking'. Dat weerhoudt hen er echter niet van het experiment van Pons en Fleischmann na te doen.

Zwaar water

Op vele laboratoria zijn in allerijl potjes met zwaar water, palladiumelektrodes en neutronendetectoren opgesteld. Tot nu toe met weinig succes. Details over experimentele omstandigheden hebben echter lang ontbroken. Men weet dat een palladiumelektrode opgeladen wordt met deuterium door elektrolyse van zwaar water (D_2O). Om fusie van twee deuteronen tot stand te brengen moet hierbij een effectieve druk van 10^{16} pascal bereikt worden. Volgens de onlangs verschenen publikatie[11] zijn neutronen en tritium waargenomen, de reactieprodukten van deuteriumfusie; ook zou er veel warmte vrijkomen, teveel om uit chemische reacties te verklaren: 10 W/m^3. Eenvoudige tests, zoals het vervangen van zwaar water door gewoon water, bleven echter achterwege.

Titaan

De concurrerende kernfusie-onderzoeker S.E. Jones (Utah, V.S.) kwam enkele dagen later in het nieuws. Het manuscript, dat hij zond aan Nature [2], circuleert inmiddels op vele laboratoria. De fusie die Jones in een elektrolyse-experiment waarneemt, is uiterst kleinschalig: 10^{-23} fusies/deuteronpaar/seconde. Om de kleine neutronopbrengst nog te meten boven de achtergrondstraling worden uitgebreide voorzorgsmaatregelen genomen. Het neutronsignaal is steeds meer

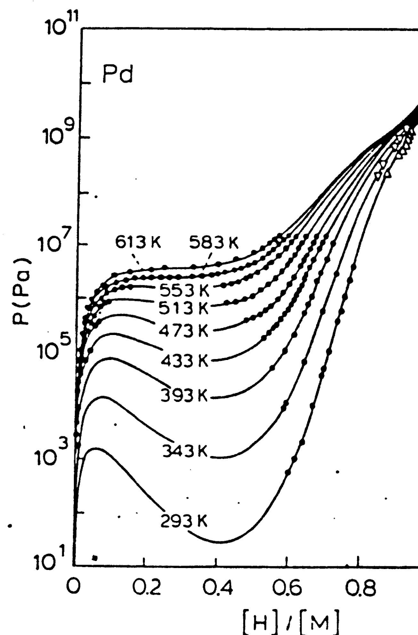


Fig. 1. Deze isothermen van Pd-H geven de relatie tussen waterstofdruk (P_H) en samenstelling (c = [H]/[Pd]. De isothermen van Pd-D wijken maar weinig af van die van Pd-H[3,4].

dan 5 σ significant. Het is daarbij duidelijk gecorreleerd aan het optreden van elektrolyse. Om fusie te bereiken gebruikt Jones palladium- of titaanelektroden, en een curieus elektrolyt, bestaande uit zwaar water (D_2O) met daarin opgelost gelijke gewichtsdelen $FeSO_4 \cdot 7H_2O$, $NiCl_2 \cdot 6H_2O$, $PdCl_2$, $CaCO_3$, $Li_3SO_4 \cdot H_2O_2$, $NaSO_3 \cdot 10H_2O$, $CaH_4(PO_4)_2 \cdot H_2O$, $TiOSO_4$ $H_2SO_4 \cdot 8H_2O$ en een klein beetje AuCN. Maar dit mengsel is waarschijnlijk nog 'verre van optimaal', volgens Jones.

Jones weet zich in zijn veronderstelling van koude fusie gesterkt door geologische waarnemingen. Fusie is volgens hem een belangrijke drijvende kracht van vulkaanuitbarstingen. Inderdaad is extra tritium gemeten tijdens vulkanische activiteit op Mauna Loa, Hawaii. Ook de warmte van Jupiter, die tweemaal zoveel uitstraalt als ontvangt, zou zo te verklaren zijn. Verder wijst volgens hem de $^3He/^4He$-verdeling in diamant en metaalfolies op het optreden van koude fusie.

Palladium-systemen

Het metaal palladium met waterstof (H), deuterium (D) of tritium (T) is buitengewoon goed bestudeerd[3,4,5,6,7]

Kernfusie,
(vervolg van pag. 63)
Voor het interpreteren van de fusie-berichten zijn vooral de diffusie door het metaal, de warmte die vrijkomt bij absorptie en de roosteruitzetting van belang.
Palladium kan grote hoeveelheden H, D of T opnemen door het elektrolytisch 'op te laden' of het in een atmosfeer van waterstofgas te brengen. Bij elektrolyse zet men de palladiumkathode in een waterige oplossing die geleidend is gemaakt door toevoeging van een elektrolyt, bijv. H_2SO_4 of D_2SO_4. De andere elektrode is meestal van platina. Bij een spanning van ongeveer 2 volt ontstaan zuurstof-belletjes bij de anode en wordt waterstof direct door de palladiumkathode opgenomen. Het is eenvoudig om zo een verhouding $[H]/[Pd] \simeq 0{,}7$ te bereiken. Voor nog grotere concentraties gebruikt men meestal andere elektrolyten (bijv. H_3PO_4) bij lagere temperaturen.
Bij directe gasoplading bereikt men een concentratie van 0,72 bij kamertemperatuur, mits het oppervlak geactiveerd is, dat wil zeggen: niet bedekt met een oxydelaag. Om hogere concentraties te bereiken is het nodig het omringende waterstofgas fors te comprimeren. Uit metingen die bij de vakgroep vaste-stoffysica van de Vrije Universiteit onlangs zijn uitgevoerd, blijkt dat een verhouding van $[H]/[Pd] \simeq 1{,}0$ bereikt wordt bij drukken van -10^{10} pascal (figuur 1). De metingen zijn verricht in een diamantpers aan Pd-H en zuiver H_2[3,4].

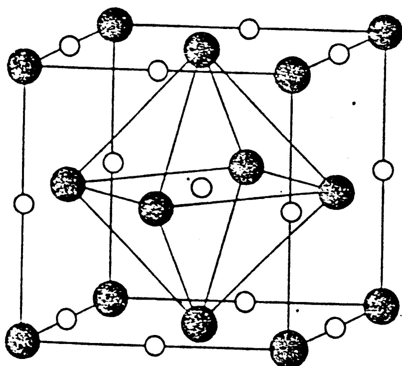


Fig. 2. Waterstof, deuterium of tritium bezet zogenaamde interstitiële octaederplaatsen (wit) van het fcc-Pd-rooster (zwart).

De waterstofatomen bevinden zich steeds midden tussen de palladiumatomen op zogenaamde interstitiële plaatsen van het metaalrooster (figuur 2). Uit de variatie van de waterstofconcentratie bij lage drukken volgt dat de interstitiële plaatsen in het palladiumrooster alléén door één waterstofatoom bezet kunnen zijn. Hetzelfde volgt uit de asymptotische toename van druk bij hoge waterstofconcentratie. Waterstof in metalen kan men zich dus voorstellen als een roostergas: de waterstofatomen springen bij kamertemperatuur elke 100 picoseconde van de ene interstitiële plaats naar de andere. De kans dat twee waterstofatomen dezelfde plaats gelijktijdig bezetten, is uiterst gering.

Vormingswarmte

Er zijn veel metalen die waterstof kunnen opnemen; alle overgangsmetalen met vijf of minder d-elektronen zijn goede waterstofabsorbeerders. De late overgangsmetalen (rechts van V, Nb en Ta in het periodiek systeem) nemen waterstof slechts onder zeer hoge druk op. Een grote uitzondering hierop is palladium. De voornaamste reden voor dit afwijkend gedrag is de relatief smalle d-elektronenband[8]. De vormingswarmte is afhankelijk van de concentratie, typisch - 10 kJ/molH, ofwel -0,1

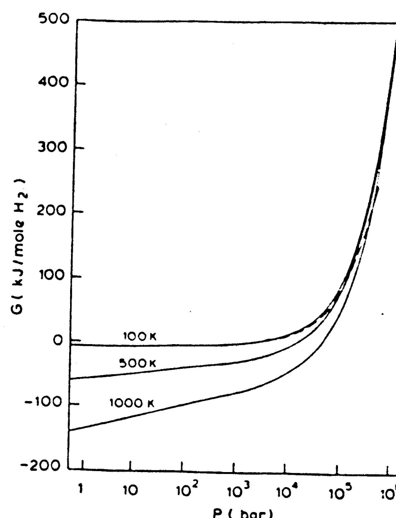


Fig. 3. Gibbs vrije energie (G) van gecomprimeerd H_2[3].

eV/atoom. Absorptie van waterstof verloopt dus exotherm. De reactie van waterstofgas met palladium kan zelfs leiden tot roodgloeien van het metaal als preparaten met een groot oppervlak worden gebruikt.

Roosteruitzetting

De eenheidcel van zuiver palladium meet 0,389 nm en van verzadigd PdH of PdD 0,405 nm. Dit betekent dat het metaalrooster ongeveer 19% in volume uitzet bij volledige absorptie van H (D). Het partieel molair volume van waterstof in Pd is dus ~1,7 cm^3/molH. Uit deze gegevens kan men twee schattingen maken van de druk die op het H of D roostergas werkt. De negatieve druk die nodig zou zijn om zuiver palladium 19% te laten uitzetten is ongeveer $3{,}60 \times 10^{10}$ pascal. Maar het kan ook anders: de druk waarbij het moleculair waterstof hetzelfde volume heeft als moleculair waterstof in palladium, is zo'n 8×10^{10} pascal[4,9]. Dat is veel kleiner dan de benodigde 10^{16} pascal.

Om fusie van twee deuteronen mogelijk te maken moeten de twee kernen op een afstand van $\sim 2 \times 10^{-16}$ m komen te staan. Op zo'n afstand is de Coulomb-afstoting 700 keV. Dit betekent niet dat deuteronen per se zulke grote energieën moeten hebben om fusie tot stand te brengen. Tunnelen door een potentiaalbarrière is ook mogelijk. Experimenteel is vastgesteld dat met tientallen keV fusie al op gang kan komen[10].

Energieën

De breedte van de d-band (W_d) van palladium speelt een bepalende rol voor de vormingswarmte. Uit bandstructuurberekeningen volgt dat $W_d \sim 5{,}4$ eV. Bij opladen van Pd met waterstof of deuterium gaan elektrontoestanden van Pd (met s-systemen) 3 à 4 eV omlaag in energie.
De trillingsenergie van H, respectievelijk D en T in Pd zijn $\hbar\omega_H = 68$ meV, $\hbar\omega_D = 48$ meV en $\hbar\omega_T = 39$ meV.
De activeringsenergie U voor diffusie van de drie waterstofisotopen in Pd zijn $U_H \approx 230$ meV, $U_D \approx 220$ meV en $U_T \approx 280$ meV.
Ter herinnering noemen wij nog dat de bindingsenergie van het H_2-molecuul ~ 2,4 eV/atoom is en dat de afstand tussen de twee protonen 0,074 nm meet.

Kernfusie,
(vervolg van pag. 65)

Geniale uitvinding

Blijft de moeilijkheid dat alle typische energieën in een vaste stof in de orde van 10 eV zijn of kleiner (zie kader) en dus zeker een factor duizend te klein voor fusie. Op basis van de hier gemaakte schattingen is niet te begrijpen hoe een druk van 10^{16} pascal zou kunnen worden gerealiseerd. Metingen tonen bovendien aan dat de kans dat twee deuteriumatomen dezelfde interstitiële plaatsen bezetten uiterst gering is. Onder deze omstandigheden is men tot grote scepsis geneigd. Of zijn wij juist het kruidige korreltje peper vergeten dat bij een geniale uitvinding hoort?

R. Griessen en A.J. Vermeer

R. Griessen is hoogleraar vaste-stoffysica aan de Vrije Universiteit in Amsterdam. A.J. Vermeer is redacteur van het Nederlands Tijdschrift voor Natuurkunde (B).

Referenties

1. T. Graham, Phil. Trans. Roy. Soc. (London) **156** (1866) 399.
2. S.E. Jones, E.P. Palmer, J.B. Czirr, D.L. Decker, G.L. Jensen, J.M. Thorne, S.F. Taylor, J. Rafelski, 'Observation of cold nuclear fusion in condensed matter', ingezonden aan Nature.
3. H.K. Hemmes, proefschrift, Vrije Universiteit, 10 februari 1989.
4. H. Hemmes, A. Driessen en R. Griessen, J. Phys. C **19** (1986) 3571.
5. K.H.J. Buschow, P.C.P. Bouten en A.R. Miedema, Rep. Prog. Phys. **45** (1982) 937.
6. Hydrogen in Metals I and II, Topics in Applied Physics, Volumes 28 en 29, eds. G. Alefeld and J. Völkl, Springer Verlag, 1978.
7. Hydrogen in Intermetallic Compound I and II, Topics in Applied Physics, Volumes 63 and 64, ed. L. Schlapbach, Springer Verlag, 1988.
8. R. Griessen, Phys. Rev. B (1988) en in referentie [5].
9. J. van Straaten, R.J. Wijngaarden en I.F. Silvera, Phys. Rev. Lett. **48,** (1982) 97.
10. M. v.d. Wiel, persoonlijke mededeling.
11. M. Fleischmann, S. Pons, 'Electrochemically induced nuclear fusion of deuterium', *J. Electroanal. Chem.* **261** (1989) 301-308.

Italië meldt nieuwe doorbraak 'koude kernfusie'

Door onze correspondent
MARC LEIJENDEKKER

ROME, 18 april — Onderzoekers van het Italiaanse bureau voor kern- en alternatieve energie ENEA zeggen een 'koude' kernfusie in metaalroosters tot stand te hebben gebracht op een nieuwe manier. De fusie had plaats met deuterium in gasvorm en zonder elektrische stroom, bij een temperatuur van minus 123 graden Celsius.

Het zou hierbij om een belangrijke nieuwe stap gaan, want bij het experiment kwamen volgens de eerste gegevens ongeveer duizend neutronen per seconde vrij. Op basis hiervan wordt geconcludeerd dat onomstotelijk vaststaat dat het om een natuurkundige reactie gaat, en niet om een scheikundige, zoals sceptici de laatste weken suggereerden.

Officiële mededelingen zijn nog niet gedaan, naar wordt aangenomen om patent aan te vragen op de gevolgde methode. De schaarse informatie die gisteren is uitgelekt geeft aan dat het om een eenvoudiger procédé gaat dan dat van de eerdere proeven van de Amerikaan Jones, en het Brits-Amerikaanse duo Fleischmann en Pons. Zij gebruikten zwaar water, waarin deuterium zit. Door elektrolyse zou het deuterium zich losmaken en tussen de metaalatomen kruipen.

Jones gebruikte titaan in plaats van palladium, waarmee Fleischmann en Pons hun eerste spectaculaire proeven deden. Dezen claimden ook belangrijke warmteontwikkeling, maar dit effect is tot dusverre niet herhaalbaar gebleken.

Ook de Italiaanse onderzoekers hebben titaan gebruikt. Het deuterium zou daarmee echter niet via elektrolyse in contact zijn gebracht, maar onder hoge druk. Het titaan werd ook niet in de vorm van een staaf, maar in de vorm van krullen gebruikt, om het contactoppervlak zo groot mogelijk te maken. Voor de koeling is gebruik gemaakt van vloeibare stikstof. Bij de proef kwamen ongeveer twintig neutronen per kubieke centimeter titaan per seconde vrij.

Het experiment is uitgevoerd in de ENEA-laboratoria in **Frascati**, veertig kilometer buiten **Rome**. De leiding van de proeven was in handen van professor **Francesco Scaramuzzi**.

Bij de 'koude' kernfusie zouden kernen van het deuteriumgas zich onder invloed van de metaalelektronen fuseren, waarbij warmte, kernstraling en neutronen vrijkomen. De neutronen werden geteld met een deeltjesteller. Veel energie kwam volgens de eerste gegevens bij het experiment in Frascati nog niet vrij.

NRC Handelsblad (18-4-1989)

Ook koude kernfusie in Rome

Door onze redactie wetenschappen

ROTTERDAM, 19 april — „De ontdekkers van de 'koude kernfusie' zijn een zeer goede kandidaat voor de Nobelprijs", zegt professor Ingvar Lundquist, president van de Zweedse acedemie van wetenschappen, „of er nu warmte wordt geproduceerd of niet. Het is een verschijnsel dat niemand voor mogelijk had gehouden. Hier in Zweden praat men over niets anders, maar herhaling van het experiment is nog niet gelukt."

In Rome heerst daarentegen een juichstemming nadat Francesco Scaramuzzi gisterhad bevestigd. In het experiment, dat volgens Umberto Colombo van het onderzoeksinstituut ENEA 150.000 gulden had gekost, werden 'zeer veel' neutronen geproduceerd. Het reactievat bestond uit een roestvrijstalen cilinder van 3 cm diameter en 18 cm hoogte. Hierin bevond zich 50 gram titaan-krullen en deuteriumgas onder hoge druk dat werd gekoeld door vloeibaar stikstof. Elektrolyse, zoals bij eerdere experimenten, was niet middag op een drukbezochte persconferentie de geruchten over een geslaagd experiment noodzakelijk.In een tweede succesrijk experiment bij lage druk werd niet gekoeld.

Prof. Pons, de eerste die met succes 'koude kernfusie' meldde, zegt in zijn laboratorium in Salt Lake City nu veel hogere vermogens uit zijn opstelling te verkrijgen. Hij verkrijgt nu 67 Watt per cm³, het dubbele van zijn eerste resultaten.

Inmiddels is prof. Pavel Povinc van de Comenius-universiteit te Bratislave erin geslaagd het experiment van Fleischmann en Pons te herhalen. Met gevoelige detectoren nam hij neutronen waar in een palladium-elektrode.

Ook Italianen melden succes met koude fusie

ROME (AP) — Onderzoekers in het Italiaans nationaal centrum voor alternatieve energie in Frascati bij Rome zijn erin geslaagd bij kamertemperatuur kernfusie op te wekken. De daarbij vrijkomende energie werd niet gemeten.

Wel maten de onderzoekers een groot aantal neutronen uit de elektrolyse in zwaar water. Ze realiseerden kernfusie met deuterium in gasvorm, bij een temperatuur van min 123 graden celsius. Daarbij werd geen elektrische stroom gebruikt.

De onderzoekers herhaalden de proef van de Brit Martin Fleischmann en de Amerikaan Stanley Pons die vorige maand bekendmaakten dat zij een „koude" kernfusie tot stand hadden gebracht. Zij meldden dat bij hun proef vier maal zoveel energie vrijkwam als werd toegevoerd. Dat element van de proef is tot dusver niet bevestigd. Pons heeft dinsdag gezegd dat bij vervolgexperimenten nog meer energie is vrijgekomen en dat de proeven nu veel efficiënter worden uitgevoerd dan aanvankelijk het geval was. Volgens Pons zijn de uitkomsten van het eerste experiment inmiddels door zestig laboratoria bevestigd.

Italianen melden nu ook hun eigen kernfusie

ROME (AFP) – Italiaanse onderzoekers zeggen kernfusie te hebben waargenomen in een simpel experiment, dat echter radicaal verschilt van de tot nu toe gemelde. Onderzoekers van het Italiaanse instituut voor kern- en alternatieve energie ENEA zouden het vrijkomen van neutronen hebben gemeten bij de diffusie van gasvormig deuterium (zwaar waterstof) in titaan.

De Brit Fleischmann en de Amerikaan Pons verbaasden de wetenschappelijke wereld enige weken geleden met de mededeling dat zij een vorm van koude kernfusie hadden ontdekt. De beide onderzoekers voerden een simpel chemisch experiment uit, de elektrolyse van zwaar water, waarbij deuteriumkernen (één van de bestanddelen van zwaar water) tot fusie zouden komen, onder het vrijkomen van neutronen en warmte. Volgens de Italiaanse onderzoekers komt er bij hun koude fusie helemaal geen chemie kijken. Zij laten bij temperaturen van minder dan 100 graden Celsius onder nul gasvormig deuterium in het metaal titaan kruipen, en zien neutronen vrijkomen, een aanwijzing voor een fusie-reactie. De neutronen-opbrengst zou veel hoger zijn dan bij Fleischmann en Pons.

Ook bij de bekendmaking van de Italiaanse onderzoekers zit het probleem in de details. Die ontbreken. Dat maakt het bijzonder moeilijk de claims te beoordelen. Over de koude kernfusie heerst in de wetenschappelijke wereld meer scepsis dan zekerheid.

Weddend op weg naar de koude kernfusie



Fleischmann en Pons met het vat waarin zij, naar eigen zeggen, kernfusie tot stand hadden gebracht FOTO ANP

"We weten nog niet of het fusie is," zei prof. dr Stanley Pons precies een week nadat de universiteit van Utah, waar hij werkt, wereldkundig had gemaakt dat Pons en zijn Britse collega Martin Fleischmann 'langdurige kernfusie bij kamertemperatuur hadden weten te bereiken'. Die doorbraak, zo vervolgde het persbericht van de universiteit, betekent dat de wereld ooit kernfusie zal kunnen gebruiken voor een schone, vrijwel onuitputtelijke energiebron.

Nu, bijna een maand later, weten we nog steeds niet of het fusie is. Wel weten we dat Pons en Fleischmann af en toe hebben gejokt, dat ze gegevens achterhouden en dat ze journalisten interessantere gesprekspartners vinden dan collega-onderzoekers. Een subsidie van vijf miljoen dollar staat voor hun deur en de prijs van palladium, één van de stoffen die Pons en Fleischmann gebruiken, is flink omhoog gegaan. Tegelijkertijd geven steeds meer kernfysici blijk van hun wantrouwen en ergernis.

door HANS VAN MAANEN

'Doorbraak' leidt tot wantrouwen en ergernis

Als het iets is, is het vast geen kernfusie, en als het kernfusie is, is het zeker niet de toekomstige methode van energie-opwekking. Zo lijkt het algemene gevoelen het best samengevat te kunnen worden. Iedereen is het er wel over eens dat, hoe de resultaten ook uitpakken, Fleischmann en Pons de wetenschappelijke gemeenschap geen dienst bewijzen met hun 'wetenschap per persconferentie'.

Hun 'doorbraak' werd het eerst gepubliceerd in twee financiële bladen, de *Wall Street Journal* en de *Financial Times*. Deze beschreven op 23 maart de proeven van Fleischmann en Pons, compleet met een illustratie van hun 'reactorvat' - een veredelde jampot met daarin zwaar water en twee metalen staven, een van platina en een van palladium.

Toen zij die twee staven onder stroom zetten, hoopten zich zó veel zware-waterstofatomen in het palládium op dat zij tot fusie gedwongen werden. Daardoor kwam zeer veel energie vrij.

De volgende dag organiseerde de universiteit van Utah meteen een persconferentie om 'de opgeworpen vragen te beantwoorden', maar vooral om de prioriteit te bevestigen, erkende later de president van de universiteit van Utah, dr Chase Peterson. Hij zei dat de poeha ook nuttig was om zijn universiteit wat meer in de schijnwerpers te zetten.

"De wereld beschouwt ons niet als Berkeley of Stanford of MIT. Met de vinding van de twee onderzoekers moet ook Utah opgestoten worden," aldus Peterson. Maar omdat de vinding dreigde 'uit te lekken' moest er maar ruchtbaarheid aan gegeven worden, zo zeiden ook Pons en Fleischmann.

Dat wordt tegengesproken door John Maddox, de hoofdredacteur van *Nature*. Hij beweert dat de twee (of medewerkers van de universitaire voorlichtingsdienst) alle grote kranten hadden afgebeld en dat alleen de twee genoemde interesse hadden.

In rep en roer

De vice-president van Utah, James Brophy, zei in zijn geestdrift tijdens de persconferentie verder dat Fleischmann en Pons de enigen waren die langs deze weg onderzoek deden. Ook dat werd al snel gelogenstraft. Een week na de persconferentie, toen de hele wetenschappelijke wereld al in rep en roer was en de fusiekoorts had toegeslagen, meldden veel kranten dat er een 'onafhankelijke bevestiging' was gekomen van de kernfusieproef door prof. Steven Jones van de Brigham Young universiteit, ook al in Utah. Dat was in verschillende opzichten onjuist.

De proef van Young was duidelijk anders van opzet dan die van Fleischmann en Pons. Jones gebruikte geen palladium maar titanium. Ook 'bevestigde' hij niets: zijn resultaten stemden niet overeen met die van de andere onderzoekers, want hij mat helemaal geen warmte.

Speurtocht

Nog belangrijker was, dat Jones geen proeven nam om die van de andere twee te controleren: hij werkte onafhankelijk, maar tegelijkertijd aan hetzelfde idee. Sterker, Jones wist van de proeven van Fleischmann en Pons. De drie hadden in het begin van de speurtocht zelfs nauw samengewerkt. Langzamerhand verslechterden de verhoudingen echter zo sterk dat de presidenten van de universiteiten de koppen maar eens bij elkaar staken.

Dat was op 6 maart. Toen werd afgesproken dat Fleischmann, Pons en Jones elkaar op 24 maart zouden ontmoeten en dan gedrieën hun artikelen per expresse naar *Nature* zouden sturen. Die datum was van belang omdat Jones bij een belangrijk congres op 11 mei zijn bevindingen bekend wilde maken.

Maar Fleischmann en Pons hielden al op 23 maart hun persconferentie. Bovendien stuurden ze al op 11 maart een artikel met hun bevindingen naar de *Journal of electroanalytic chemistry and interfacial electrochemistry* – een zelfs naar wetenschappelijke maatstaven obscuur blad, uitgegeven door Elsevier in Amsterdam.

Toen de vice-president ook nog zei dat Fleischmann en Pons de enigen waren, werd Jones zo boos dat hij zijn verhaal al op 23 maart naar *Nature* stuurde. Dat van Fleischmann en Pons ging op 24 maart de deur uit.

Pons voerde trouwens nog als reden voor de persconferentie aan, dat genoemde *Journal of electroanalytic chemistry and interfacial electrochemistry* hun artikel had geaccepteerd en verder wachten dus geen zin had. Maar boven het artikel staat dat een herziene versie op 22 maart binnenkwam en volgens de uitgever werd die versie pas op 30 maart aanvaard voor publikatie.

Op de persconferentie werd ook gezegd dat het artikel van Pons en Fleischmann in mei in *Nature* zou worden gepubliceerd: alweer een onjuistheid. Het insturen van een artikel betekent nog niet dat de redactie (die altijd ook andere deskundigen raadpleegt om te zien of een artikel voldoende wetenschappelijk gehalte heeft) het meteen plaatst.

Meestal gaat een artikel eerst nog een keer terug naar de auteurs, die dan allerlei zaken op verzoek van de deskundigen moeten verhelderen. Dat is ook hier gebeurd, maar de omstandigheden dwingen de redactie van *Nature* nu haast wel tot publikatie.

Commentaar

Het tijdschrift zal nog deze maand publiceren – ook als de artikelen niet geheel door de wetenschappelijke beugel kunnen: de artikelen (of een van beide) worden geplaatst compleet met het commentaar van de geraadpleegde deskundigen.

Kernfysici die hopen hierin meer details te vinden over wat ze nu met hun jampotjes moeten doen, zullen overigens worden teleurgesteld: het artikel van Pons en Fleischmann in Elseviers tijdschrift was uitgebreider dan wat nu in *Nature* komt. De beschikbare gegevens zijn nog steeds onvoldoende om een zorgvuldige beoordeling mogelijk te maken, zo laat de redactie al doorschemeren.

Inmiddels zijn de advocaten natuurlijk ook al ingeschakeld. Wie werkelijk de zon kan temmen en kernfusie goedkoop kan maken, kan goud verdienen. Dus is het gevecht om de octrooien begonnen. Fleischmann en Pons (althans de universiteit van Utah) hebben op 13 maart octrooi aangevraagd. Daarmee waren ze de Brigham Young universiteit te vlug af.

Volgens de voorlichter van die universiteit, Paul Richards, heeft men geen octrooi aangevraagd omdat men niet zag welke commerciële waarde de technologie zou kunnen hebben. Binnenkort zal er echter alsnog een aanvraag worden ingediend, waarin de prioriteit van Fleischmann en Pons wordt betwist.

Kan men trouwens, zoals stilzwijgend door iedereen wordt aangenomen, wel zo veel geld verdienen met deze methode? Volgens Fleischmann, die op een tournee door Europa mede-onderzoekers eindelijk wat brokjes toewierp, levert hun opstelling na honderd uur ongeveer vijf miljoen wattseconden vermogen per kubieke centimeter palladium op. Omgerekend betekent dat een opbrengst van 1 watt per gram palladium.

Kerncentrale

Een flinke kerncentrale levert al gauw 4000 megawatt, dus daar is 4000 ton palladium voor nodig. Tegen een prijs die (nu nog) op ruim 12 gulden per gram ligt, komt men uit op bijna vijftig miljard gulden per centrale.

Voor dat bedrag kan men acht 'klassieke' kerncentrales bouwen. De wereldproduktie van palladium is nu 95 ton per jaar. Alleen deze berekening leert al dat Fleischmann en Pons de deur naar de 'schone energiebron van de toekomst' niet veel wijder hebben opengezet.

En het proces zelf? Veel ophef wordt gemaakt van de laboratoria die menen een herhaling tot stand te hebben gebracht. Maar die berichten zijn weer even tegenstrijdig als de eerste versies van Fleischmann, Pons en Jones. Een onderzoeksgroep in Texas onder leiding van dr Charles Martin ziet een grote warmteontwikkeling, terwijl dr James Mahaffey van het Georgia Institute of Technology, ook in de VS, een groter dan normaal aantal neutronen kenmerkend voor kernfusie meet.

Tegenover deze rapportages staan honderden onderzoeksgroepen die hun mond houden omdat ze niets kunnen vinden.

Aan de Vrije Universiteit in Amsterdam laat prof. dr R. Griessen de proefopstellingen nu al weken snorren zonder enig resultaat. Bij het instituut voor Fundamenteel Onderzoek der Materie in Nieuwegein heeft men de hoop opgegeven en wacht men nu eerst nadere instructies af. Geen wonder dat men sceptisch en een beetje nijdig wordt.

N-stralen

Kenners van de wetenschapsgeschiedenis zullen zich intussen de N-stralen herinneren, die iedereen aan het begin van deze eeuw dacht waar te nemen. Die stralen bleken achteraf niet te bestaan. Ook voor wetenschappelijke onderzoekers is de wens soms de vader van de waarneming – wetenschap dient er juist voor dergelijke waarnemingen uit te wieden.

De metingen die Fleischmann en Pons met zoveel overtuiging brachten, zijn in wezen amper waarneembaar: de meeste liggen op de grens van de gevoeligheid van de meetinstrumenten. En, zoals gezegd, de resultaten zijn eigenlijk onderling met elkaar in strijd.

In één van de experimenten wordt een hoeveelheid warmte geproduceerd die alleen kan worden veroorzaakt door meer dan honderd miljard kernfusies per seconde, maar uit de produktie van atomaire deeltjes kan men afleiden dat er slechts tienduizend fusies per seconde plaatshebben. Voor kernfysici is dit het belangrijkste obstakel naar de geloofwaardigheid.

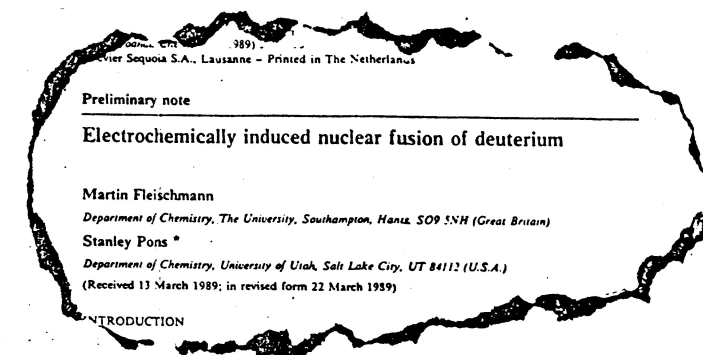
"Het grootste gedeelte van de energieopbrengst moet zijn veroorzaakt door tot op heden onbekende kernfysische processen," schrijven Pons en Fleischmann in hun artikel in het *Journal of electroanalytic enzovoort*.

"Wat, zo vraag je je dan af, zou dat proces kunnen zijn?" is daarop het antwoord van de redactie van *Nature*. "Is het waarschijnlijk dat het de afgelopen halve eeuw aan de aandacht van kernfysici is ontsnapt?"

Heetgebakerd

De afgelopen drie weken zijn de kernfysici in elk geval niet aan de aandacht van het publiek ontsnapt. Velen hunner vragen zich echter af of hun wetenschap daarmee wel een dienst wordt bewezen. Heetgebakerd is wel het laatste wat geleerden genoemd willen worden. Zelfs in het geval dat Fleischmann en Pons werkelijk iets nieuws hebben gevonden, kunnen zij hun eerste claims volstrekt niet waarmaken, hebben ze hier en daar een leugentje verteld, en – grootste zonde van al – hebben zij mede-onderzoekers die om informatie vroegen met een kluitje in het riet gestuurd.

Als een dergelijke gang van zaken gewoonte wordt – en velen zijn daar gezien de steeds grotere concurrentie tussen onderzoekers bang voor – dan kunnen we weddenschappen over 'wetenschappelijke doorbraken' organiseren. Dat zal toch niemands bedoeling zijn geweest: wetenschap is geen kienspel.


...989) ...
...ier Sequoia S.A., Lausanne – Printed in The Netherlands

Preliminary note

Electrochemically induced nuclear fusion of deuterium

Martin Fleischmann
Department of Chemistry, The University, Southampton, Hants. SO9 5NH (Great Britain)
Stanley Pons *
Department of Chemistry, University of Utah, Salt Lake City, UT 84112 (U.S.A.)
(Received 13 March 1989; in revised form 22 March 1989)

...NTRODUCTION

Het artikel in een obscuur wetenschappelijk tijdschrift van Elsevier waarin Fleischmann en Pons hun bevindingen voor het eerst neerlegden. Volgens de kenners staat er nog steeds volstrekt onvoldoende in

Koude kernfusie

'Ik wil hier wel mijn nek uitsteken en beweren dat Fleischmann en Pons veel te snel zijn geweest met het speculeren over kernfusie.' Professor C. Braams breekt de ban tijdens de voorjaarsvergadering van de Nederlandse Natuurkunde Vereniging vorige week in Utrecht. De aanvankelijke scepsis en terughoudendheid maken plaats voor hilariteit en enthousiaste deelname aan de discussie. Gesterkt door het instemmend applaus gaat Braams zelfs nog een stapje verder: 'Het minste dat ze hadden kunnen doen was een controleproef uitvoeren met gewóón water of even naar een massaspectrometer lopen om te kijken of zich ook echt helium gevormd had. Maar het enige dat Fleischmann te berde weet te brengen als hem gevraagd wordt waarom hij de proeven niet herhaalt, is dat het palladium zo duur is. Dat is toch wel erg zwak.'

De Nederlandse fysici weten niet goed raad met de koude kernfusie. Fascinerend is het natuurlijk. Elk zichzelf respecterend natuurkunde-laboratorium heeft de afgelopen weken wel een stroom door een bak met zwaar water laten lopen. Maar is het ook waar? Eigenlijk kan het helemaal niet: kernfusie bij kamertemperatuur, hoor je de aanwezigen denken, maar niemand durft zijn nek zover uit te steken en dat hardop te beweren. Wel zitten ze allemaal op het puntje van hun stoel om nu eens van vakbroeders het verhaal te horen na wekenlang op die dagbladjournalisten aangewezen te zijn geweest.
Discussieleider professor M. van der Wiel somt alle theorieën nog eens op om ze daarna weer van tafel te vegen. 'Natuurlijk, de druk kan in het palladium oplopen tot 500.000 atmosfeer maar dat is nog lang niet genoeg voor een fusiereactie.' Stilzwijgend - en dus goedkeurend? - hoort de zaal zijn argumentatie aan. Tot die interruptie door Braams. Het ijs is gebroken, de lachsalvo's krijgen de overhand. 'De onderzoekers voelden de hete adem van de concurrentie in de nek. Dan is het toch te begrijpen dat ze wilden publiceren voordat hun ontdekkingen zouden uitlekken?', probeert iemand Fleischmann en Pons te verdedigen. 'Dacht je dat ze dat experiment geheim hebben kunnen houden? Ze hebben daar uren achtereen knalgas zitten te produceren.' Van der Wiel heeft de zaal aan zijn voeten.
Maar nog niet iedereen is overtuigd: 'Ik werk bij Philips in Eindhoven en bij mij naast aan de Technische Universiteit zijn ze ook bezig met die proeven. Kan dat geen kwaad, wie zegt mij dat daar straks geen waterstofbom afgaat?' 'Ach, je meet toch gewoon de hoeveelheid neutronen,' antwoordt Van der Wiel, die de smaak nu echt goed te pakken heeft, 'en als dat teveel wordt, trek je de stekker uit het stopcontact.'/*JE*

de Kwestie

door BART RIJS

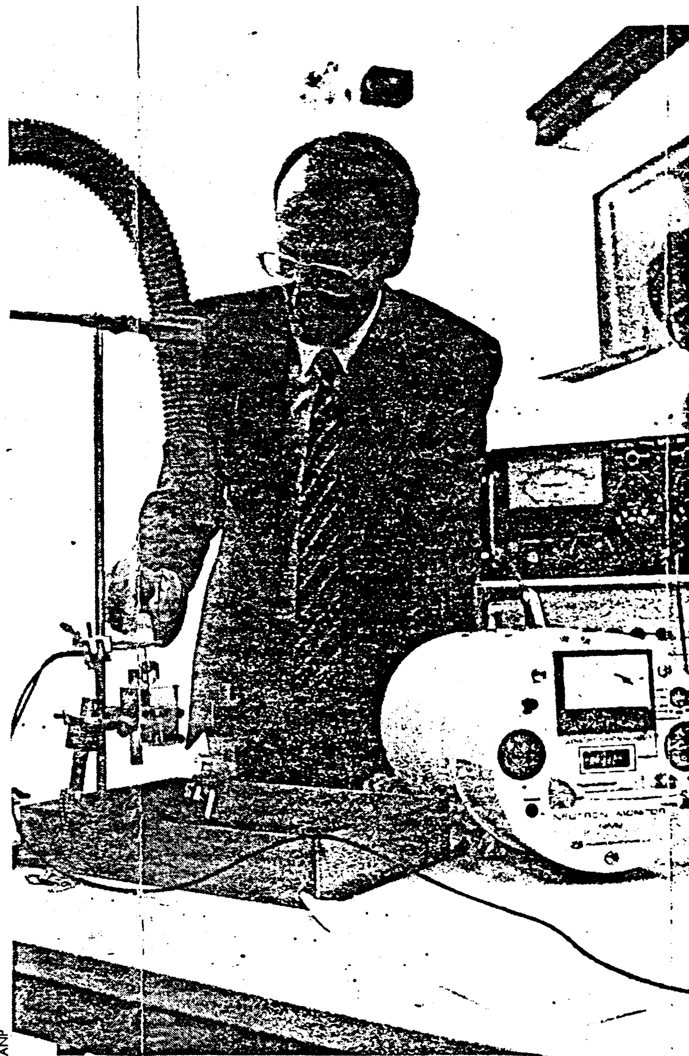
De Henny Huisman van de fysici

Wèl koude kernfusie, géén koude kernfusie of een beetje koude kernfusie? Het media-circus.

ZAT ER OP UW MIDDELBARE school ook zo'n jongen in de klas, die overduidelijk door zijn ouders was aangekleed? Het introverte type, dat zelden op schoolfeestjes kwam. Aan taal had-ie een hekel, maar voor wis- en natuurkunde haalde hij negens en tienen. Marnix van der Wiel, directeur van het Instituut voor Plasmafysica Rijnhuizen in Nieuwegein, doet onweerstaanbaar denken aan een oudere uitgave van mijn klasgenoot. Alleen het introverte is er wel af, nu hij plotseling is gebombardeerd tot de Henny Huisman van de fysici door – in zijn eigen woorden – 'het media-circus rond de koude kernfusie'.

Bijna elke avond kon de TV-kijker in *prime-time* de heren professoren over de beeldbuis zien trekken als quizmasters in de kernfusie-show. Bezig met proefjes voor het hooggeëerd publiek, terwijl ze elkaar met veel mitsen en misschienen in de haren vlogen. Goed, dat is gechargeerd. Maar niet erg. Prof. Van der Wiel glimlacht enigszins sarcastisch: „Ach, een beetje ego-tripperij is nooit weg, dat zal niemand me kwalijk nemen. Ik relativeer dat gedoe enorm; ik was veel opgewondener geweest wanneer de opwinding om een ontdekking van ons was geweest. Ik doe eraan mee omdat ik een soort verantwoordelijkheid voel tegenover het publiek. Het zijn hun belastingcenten. Dat klinkt verschrikkelijk idealistisch, ik weet het. Maar wat dat betreft voel ik *echt* een verantwoordelijkheid.

De professor weet zijn boodschap te verkopen. Na een eerste, nogal schutterig optreden in het NOS-journaal maakte hij zich het klappen van de zweep snel eigen. „Ik werk de laatste weken als een soort freelance PR-persoon," zegt Van der Wiel. Vergeleken met sommige van zijn collega's is hij nog terughoudend. Was het vroeger niet bepaald *bon ton* in academische kringen om zich tot het niveau van de leek te verlagen, tegenwoordig leggen sommige wetenschappers zo veel gretigheid aan de dag, dat gerust van media-geilheid mag worden gesproken. En dat allemaal omdat het onze belastingcenten zijn.



ANP

Prof. Van der Wiel: 'Een beetje ego-tripperij is nooit weg'

MARTIN FLEISCHMANN EN STANLEY Pons – in vakkringen al afgekort tot F&P, alsof het een vreselijke ziekte betreft – legden met hun bekendmaking een opmerkelijk gevoel voor PR aan de dag. Saatchi & Saatchi had hun timing niet kunnen verbeteren. Een olieramp in Alaska, het broeikaseffect, de zure regen en het kernafval houden de gemoederen meer dan ooit bezig. Juist dan komen er twee geleerden vertellen dat ze met hun koude kernfusie een oneindige, schone energiebron hebben uitgevonden. Een moderne steen der wijzen. Brandstof: zwaar water, winbaar uit zeewater. Benodigdheden: twee palladium-elektrodes, een auto-accu, een veredeld jampotje. De helft van alle milieu-problemen opgelost. Wat zouden we dat graag willen geloven.

„Ik kreeg een telex binnen van een krant, met het verzoek om commentaar op de ontdekking. Stomme verbazing. Het idee van een 1 april-grap is door ons allemaal heen gegaan, maar het was tien dagen voor 1 april," vertelt Van der Wiel. Zijn verbazing is gemakkelijk voorstelbaar. In 1957 beloofden de kernfysici dat de eerste fusie-centrales in 1985 zouden draaien. Na dertig jaar wereldwijd onderzoek dachten de fysici nu dat met het doorknippen van het lint gewacht zou moeten worden tot 2040. En nu hadden Fleischmann en Pons het hele probleem met z'n tweeën in een paar jaar weten op te lossen. De Nobelprijs kon ze niet meer ontgaan.

MAAR AL SNEL GROEIDE DE verwarring, en met de verwarring de scepsis. Fleischmann en Pons mochten dan een persconferentie hebben gegeven, wetenschappelijk bewijs in de vorm van een publikatie ontbrak. Waarom dan toch die bekendmaking? „Omdat er grote belangen in de persoonlijke sfeer mee zijn gemoeid," vertelt Van der Wiel, „Er speelt een ordinaire ruzie." Naar zijn zeggen werkte de Amerikaanse chemicus Steven Jones tegelijkertijd met Fleischmann en Pons aan de koude kernfusie-techniek. Toen Jones zijn resultaten eerder dreigde te publiceren, grepen Fleischmann en Pons naar het middel van de persconferentie om hem voor te zijn. Met als gevolg dat Jones nu bekend staat als de geleerde die de spectaculaire ontdekking van Fleischmann en Pons bevestigde. Zonder de persconferentie was dat andersom geweest. De tweede wordt vergeten, de eerste krijgt bloemen en applaus.

En het geld. Fleischmann en Pons staken tweehonderdduizend dollar van hun eigen kapitaal in de fusie-experimenten. Een investering met rendement, want degene die het patent heeft op een techniek die garant staat voor een doorbraak in de energie-voorziening, kan miljarden verdienen. De beoordeling van een artikel door een wetenschappelijk tijdschrift duurt vaak maanden. Wachten met een ontdekking wereldkundig maken totdat de beoordeling achter de rug is – met alle gevaren van minder scrupuleuze concurrenten van dien – kan het verschil uitmaken tussen anonimiteit of glitter en glamour. De competitie is keihard.

John Maddox is hoofdredacteur van Nature, het tijdschrift waar Fleischmann en Pons hun koude kernfusie-artikel ter publikatie hebben aangeboden. In een commentaar op de affaire schrijft hij: „Supergeleiders, nieuwe behandelingswijzen voor AIDS en nieuwe energie-bronnen trekken patent-advocaten en speculanten aan, voor wie het verbreken van een persembargo van een academisch tijdschrift waarschijnlijk een verwaarloosbaar vergrijp is." Het lijkt inderdaad geen toeval dat Fleischmann en Pons de primeur van hun ontdekking juist aan de financiële pers gunden. Nature heeft ondertussen een onderzoek ingesteld naar eventuele commerciële belangen van Fleischmann en Pons. Pas dan wordt beslist over het lot van het artikel.

DE ZON SCHIJNT DOOR DE groene bomen van het park rond het Instituut voor Plasmafysica en valt op de tafel in de werkkamer van professor Van der Wiel. De tafel ligt bezaaid met telexen, persberichten en kranteknipsels. Het zijn de stille getuigen van de mediashow die na de voortijdige persconferentie losbarstte. Heel Nederland mocht met eigen ogen zien hoe er uit een bakje met zwaar water belletjes opstijgen. Maar kernfusie, ho maar. Dus moest Fleischmann weer op de TV vertellen dat het volstrekt logisch is dat er geen fusie plaatsvond; daar zou volgens hem maanden experimenteren voor nodig zijn.

Van der Wiel, de blik op het plafond gericht: „Fleischmann geeft uitstekend interviews, zit er zeer ontspannen bij. Hij geniet er kennelijk van; is ook in staat om als een goed politicus nul komma nul aan informatie te geven. Eigenlijk is het stuitend wat hij daar doet. Het is een ernstige zaak dat vlot overkomen belangrijker is dan wetenschappelijke informatie."

Het was even wennen om die zo onderkoelde natuurwetenschappers nu bekvechtend over het scherm te zien trekken. Niet in het minst voor de professoren zelf. Want in de vakliteratuur moet kritiek tussen de regels door gelezen worden. Staat er in een artikel: *'A different method was used'*, dan moet dat worden opgevat als 'wij hebben een betere methode gebruikt'. *'We were unable to reproduce the results'* betekent zoveel als 'uw bewering is totaal onzinnig'.

„Je houdt het niet voor mogelijk," zegt Van der Wiel. „Het gaat nu via de TV en de kranten. Wat we hier constateren is de ineenstorting van het systeem van wetenschappelijk publiceren. Het werkt totaal niet meer."

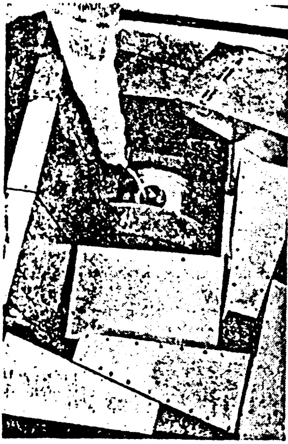
De academische literatuur vertoont al langer barsten. Een onderzoeker die niet publiceert krijgt geen geld meer voor onderzoek. Het is *publish or perish* in wetenschapsland. Volgens John Maddox nemen fraude en plagiaat daardoor hand over hand toe. Nature ontdekte onlangs een Amerikaanse geleerde die vijftien jaar lang wekelijks twee wetenschappelijke artikelen wist te produceren. De man kon deze onwaarschijnlijke produktie bereiken door als co-auteur op te treden van artikelen van jonge, nog onbekende onderzoekers. De artikelen zelf kreeg hij nooit onder ogen. Zijn faam als produktief en bekend auteur zorgde ervoor dat de wetenschappelijke tijdschriften die artikelen voetstoots publiceerden. En dan is er dat tijdschrift dat precies hetzelfde artikel twee keer achter elkaar publiceerde. De tweede keer had de auteur alleen de titel veranderd. Toch niet allemaal van die keurige heren, die geleerden.

VAN DER WIEL CONCLUDEERDE UIT DE F&P-mediashow dat het nu *publicity or perish* was geworden. Er werd een multi-disciplinaire groep van twintig experts bijeengeroepen voor een brainstorm-sessie. De conclusies zouden worden gepubliceerd. Niet in een wetenschappelijk tijdschrift, maar als persbericht. Het was vooral een erg tactische conclusie: theoretisch zeer interessant, maar uit het oogpunt van energie-opwekking onbetekenend. Dus niet géén koude kernfusie, ook niet wèl koude kernfusie, maar een beetje koude kernfusie. Van der Wiel: „Wanneer serieuze wetenschappers in het nieuws komen om uit te leggen wat er met Fleischmann en Pons aan de hand is, wordt er gezegd: 'Jaah, maar dat zijn de gevestigde wetenschappers.' Die willen alleen maar wat in hun eigen kraam van pas komt, die luisteren niet naar briljante ideeën van anderen. We moesten Fleischmann en Pons wel serieus nemen. Daarom hebben we ook een multi-disciplinaire groep bijeengeroepen. Dat er niet wordt geroepen: daar heb je de kernfusie-mafia weer."

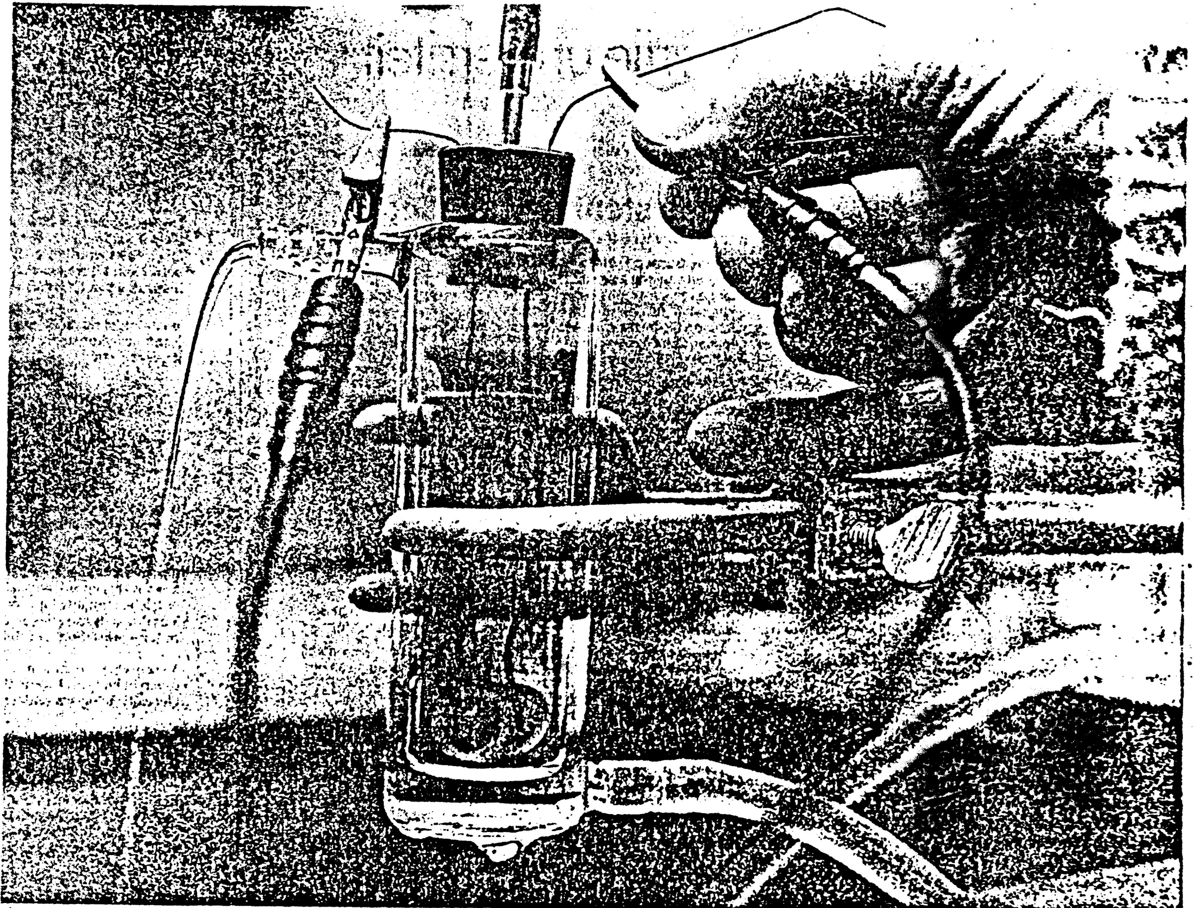
Is de koude kernfusie nu de wetenschappelijke ontdekking of de wetenschappelijke *canard* van de eeuw? Is dit de definitieve triomf van het experiment over de theorie? Is de tijd waarin kalende, brillende boekenwurmen experimenten al op voorhand doodsloegen met bezwaren van theoretische aard voorbij? zoals Karel Knip in het NRC Handelsblad schrijft. Theoretisch is het traditionele kernfusie-onderzoek zeker. Het onderzoek is zo kostbaar dat het in enorme projecten is gestructureerd. Met al deze financiën kunnen de kernfusie-fysici het zich niet veroorloven niets te ontdekken. Onderzoek gebeurt daarom alleen in de richting waar de theoretische kans op succes aanwezig is. Van der Wiel: „Wij zijn met iets bezig wat je kunt vergelijken met kunst, met literatuur. Daarom moet er ruimte worden geboden aan mensen om te doen waar ze zin in hebben. Door de grote programma's staat dat erg onder druk."

Groter en meer gestructureerd dan het kernfusie-onderzoek kan haast niet. Wel werd er langzaam maar zeker vooruitgang geboekt, maar verrassende ontdekkingen zijn dertig jaar uitgebleven.

Moet de pers dan maar uitrukken voor elke onderzoeker die per persconferentie beweert dat hij de ontdekking van de eeuw heeft gedaan? Goud maken uit oud ijzer, een wondermiddel tegen AIDS, oneindige energie uit een jampotje. Het is gewoon te mooi om waar te zijn. ●



De elektrolysecel wordt in een neutronendetector gezet. Deze wordt omgeven door paraffine-blokken die neutronen van buitenaf tegenhouden. Ook is er een loden afscherming tegen externe gamma-straling.



De elektrolysecel waarmee op de Vrije Universiteit wordt gepoogd 'koude' kernfusie tot stand te brengen.

FOTO'S BERT VERHOEFF

Herhalen 'koude' kernfusie wil maar niet lukken

Uit diverse landen komen berichten dat ook daar kernfusie bij kamertemperatuur is bereikt. In Nederland is echter nog geen neutron gezien, terwijl er toch in diverse laboratoria wordt geëxperimenteerd. Zijn de onderzoekers hier zo stom, of dènken ze in het buitenland alleen maar iets te meten en speelt suggestie een grote rol?

IN NEDERLAND moeten de frustaties bij de onderzoekers van 'koude' kernfusie toch flink oplopen. In de wereldpers verschijnen berichten als zouden in een tiental laboratoria op diverse plaatsen in de wereld de experimenten van de elektrochemici Fleischmann en Pons met succes zijn herhaald. Meldingen komen uit Brazilië, Hongarije, Tsjechoslowakije, de Verenigde Staten, de Sovjet-Unie, Italië, Japan en India. De afgelopen drie weken zijn in Nederland echter nog geen verdachte neutronen waargenomen die zouden kunnen worden toegeschreven aan een 'koud' kernfusieproces in een glas zwaar water.

Het verhaal over 'koude' kernfusie begint inmiddels enigszins eentonig te worden. Eind maart veroorzaakten de Amerikaan Stanley Pons van de universiteit van Utah in Salt Lake City en de Engelsman Martin Fleischmann van de universiteit van Southampton tijdens een hectische en inderhaast georganiseerde persconferentie een grote sensatie. Nogal laconiek deelden ze de verzamelde pers mee dat ze bij kamertemperatuur kernfusie hadden gerealiseerd. En dat niet alleen. Bij enkele van hun experimenten kwam dermate veel warmte vrij, dat een deel van de opstelling in rook zou zijn opgegaan. Tot nu toe dacht men kernfusie alleen te kunnen realiseren bij extreem hoge temperatuur (100 miljoen graden Celsius) en hoge druk.

De elektrochemici Fleischmann en Pons gebruikten voor hun experimenten een uiterst simpele opstelling. Een glazen houder waarin twee elektroden werden gehangen, een van het metaal palladium en de andere van platina. De glazen pot was gevuld met zwaar water, dat bestaat uit een zuurstofatoom en twee deuteriumatomen. Een deuteriumkern is opgebouwd uit een proton en een neutron. Vanwege dat extra neutron is een deuteriumatoom twee maal zo zwaar als het normale waterstofatoom, waarvan de kern is opgebouwd uit alleen een proton.

Bij elektrolyse van zwaar water wordt aan de negatieve palladium-elektrode deuteriumgas gevormd, dat zich ophoopt in het palladium-rooster. Palladium is een nogal curieus metaal, het kan ongeveer 700 maal het eigen volume aan deuteriumgas opslaan. Aan de positieve platina-anode komt zuurstofgas vrij in de vorm van belletjes.

Uit metingen van Fleischmann en Pons blijkt dat er bij hun experimenten gemiddeld ongeveer vier maal zoveel warmte vrijkomt dan er aan elektrische energie tijdens de elektrolyse in is gestopt. Deze week meldde Pons nog dat in de afgelopen weken tijdens een experiment van 800 uur acht maal zo veel energie was vrijgemaakt.

Bij enkele experimenten van Fleischmann en Pons zou echter aanzienlijk meer energie zijn vrijgekomen dan dit gemiddelde. Het vooruitzicht op een schone, eenvoudige energiebron — kernfusie bij kamertempertuur — tekende zich dan ook áf. Fleischmann en Pons stelden ook neutronen te hebben waargenomen, zo'n 40.000 per seconde. Een aantal dat, als het om de bouw van toekomstige fusiereactoren zou gaan, overigens van geen enkele betekenis is. De neutronen hebben volgens Pons en Fleischmann een energie die gelijk is aan die van de neutronen die vrijkomen bij fusie, het samensmelten van twee deuteriumkernen.

Bij fusie van twee deuteriumkernen wordt een helium-kern gevormd. Daarbij komt een neutron vrij. Bij de experimenten van Fleischmann en Pons is echter het aantal gemeten neutronen tien miljoen tot tien miljard maal zo klein als op grond van de vrijkomende warmte zou mogen worden verwacht. Raadsels alom, dus.

Een week na de persconferentie dook in het natuurkundige wereldje een nog niet gepubliceerd manuscript op van de Amerikaanse plasmafysicus Steven Jones van de Brigham Young universiteit, eveneens in Utah. In dat artikel claimt Jones kernfusie te hebben waargenomen bij elektrolyse van zwaar water, waarbij gebruik werd gemaakt van een titaan-elektrode.

Ook titaan kan flink wat deuteriumgas in het rooster opnemen. Het aantal neutronen dat Jones heeft gemeten, ligt een factor tienduizend onder dat van Fleischmann en Pons. De plasmafysicus Jones meet echter geen enkel opzienbarend warmte-effect.

Sinds de claim van Fleischmann en Pons en die van Jones, die al eerder theorieën heeft opgesteld voor niet-conventionele fusie-processen, wordt in tientallen laboratoria gepoogd de elektrolyse-experimenten na te doen. Met als resulaat dat er om de paar dagen wel ergens op de wereld onderzoekers een persconferentie houden om kond te doen van verschijnselen die mogelijk lijken op die van Fleischmann, Pons en Jones. En dat leidt altijd wel tot een nieuwsbericht op de telex.

Deze week kwam daar de claim bij van een groep Italiaanse onderzoekers van de ENEA-laboratoria in Frascati in de buurt van Rome. Zij claimen kernfusie-neutronen te hebben gemeten door deuteriumgas en titaan (in de vorm van een dun-vezelige spons) onder zeer hoge druk te brengen. Bij lage temperatuur (123 graden Celsius onder nul) detecteerden ze neutronen. Bij lage temperatuur kan er meer deuteriumgas in titaanmetaal worden opgeslagen dan bij kamertemperatuur. In Frascati is echter geen (extreem) warmte-effect waargenomen.

Het blijft onduidelijk wat er tijdens al die experimenten wordt waargenomen, temeer daar wetenschappelijke publikaties (nog) ontbreken. In de meeste claims wordt alleen gesproken over neutronen die worden gemeten, over warmte wordt nagenoeg niet gepraat, laat staan over dat extreme warmte-effect dat Fleischmann en Pons tijdens enkele experimenten. Vorige week, bijvoorbeeld, stelde de *Texas Agriculture and Mechanical University (A&M)* dat een van haar onderzoeksgroepen 'koude' kernfusie had gedetecteerd.

In het eerste telexbericht ging dat als volgt: „Onderzoekers van Texas A&M hebben de kernfusieproef van Fleischmann en Pons met 'bevredigend resultaat' herhaald. Op de universiteit wordt later op de dag een persconferentie gehouden." Daarna volgde een nietszeggende riedel uit de mond van de persvoorlichter. De telex deed zijn werk en alle media zoemden van genot.

Tijdens de persconferentie, enkele uren later, kwam de aap uit de mouw. De onderzoekers stelden dat ze tijdens elektrolyse-experimenten twintig tot tachtig procent meer warmte hadden gemeten dan ze er aan elektrische stroom hadden ingestopt. „Maar u hebt ons niets over kernfusie horen zeggen", liet groepsleider Charles Martin de in groten getale aanwezige pers weten.

En die pers wist vervolgens ook niets beters te doen dan alles wat er werd gezegd te publiceren. In het fysica-circuit gaat nu de roddel dat Martin's groep inmiddels haar claim van de

warmte-ontwikkeling heeft ingetrokken. Calorische metingen zijn ingewikkeld en er kunnen gemakkelijk fouten bij worden gemaakt.

Voor nagenoeg alle claims die de afgelopen weken zijn gedaan, valt een gelijksoortig verhaal op te hangen. Wat overblijft, is de al twee weken geleden door Nederlandse plasmafysici geponeerde stelling dat het door Fleischmann en Pons geopperde idee dat de waargenomen extreme warmte-ontwikkeling aan kernfusie moet worden toegeschreven, naar het rijk der fabelen moet worden verwezen.

Mogelijk vindt er in de met deuteriumgas volgepompte palladium-elektrode kernfusie plaats, maar dan op uiterst kleine schaal. De claims van andere onderzoeksgroepen vermelden, voorzover er details bekend zijn, alleen dat er neutronen zijn waargenomen. Diverse onderzoeksgroepen doen verwoede pogingen om daarvoor een theorie op te stellen. Onmogelijk lijkt dat niet.

Een van de ideeën is dat de elektronen (behorend bij de deuteriumkernen) in de vaste palladium-elektrode veel zwaarder zijn dan vrije elektronen. Hun effectieve massa zou enkele tientallen malen hoger zijn. Deze elektronen zouden twee deuteriumkernen dichter bij elkaar brengen dan gebruikelijk, met als gevolg dat de kans op kernfusie orden van grootte toeneemt.

In Nederland wordt voor zo ver bekend in een vijftal laboratoria geëxperimenteerd. Op het Kernfysisch Versneller Instituut (KVI) van de Rijksuniversiteit in Groningen probeert men kernfusie tot stand te brengen door via elektrische gasontlading bij hoge spanning (enkele kilovolts) deuteriummoleculen af te breken.

De deuteriumkernen die bij de gasontlading ontstaan, worden met een flinke duw in de negatieve palladium-elektrode 'geschoten'. In Groningen is tot nu toe een tiental experimenten uitgevoerd, zonder „een spoor van neutronen", aldus dr J. Klinken, een van de onderzoekers. Klinken is zeer sceptisch over de experimenten van Fleischmann en Pons en de vele claims van bevestiging die daarna zijn gevolgd.

Ook bij het FOM-Instituut voor Plasmafysica Rijnhuizen in Nieuwegein, waar voor de komende maanden enkele onderzoekers voor het onderzoek zijn vrijgemaakt, moeten de eerste neutronen nog worden gedetecteerd. Ruim drie weken wordt er nu met elektrolysecellen geëxperimenteerd, zonder enig resultaat.

Frustaties over de buitenlandse claims zijn er (nog) niet in Nieuwegein. „Natuurlijk is het leuk om als een van de eersten de experimenten (inclusief de opmerkelijke resultaten) van Fleischmann en Pons te kunnen bevestigen", zegt dr T. Donne van het FOM-Instituut. „Ik zou pas echt gefrusteerd zijn als ik die bevestigingsclaim later zou moeten intrekken omdat er tijdens de metingen fouten zijn gemaakt. Misschien doen de anderen wel de verkeerde experimenten, of misschien is het juist andersom."

Niet alleen het meten van een warmte-effect is een moeilijke zaak, ook neutronen laten zich niet makkelijk meten. „Fleischmann en Pons zeggen per seconde 40.000 neutronen te hebben gemeten boven de achtergrondstraling", zegt Donne. „Het aantal neutronen datons vanuit het heelal bereikt, zou volgens hen gemiddeld 13.000 per uur bedragen. In het Engelse Culham, bij het Europese fusie-onderzoekscentrum, hebben ze echter afgelopen week die achtergrondstraling ook gemeten over een zeer lange periode met eenzelfde soort meter als die Fleischmann en Pons hebben gebruikt."

Donne: „Daar worden 5.000 tot 60.000 neutronen per seconde gemeten. De variatie in de natuurlijke achtergrondstraling — bijvoorbeeld door een veranderende zonne-activiteit — is dus groter dan het aantal neutronen dat Fleischmann en Pons claimen extra te meten en die zouden moeten worden toegeschreven aan een fusieproces."

Ook bij de Vakgroep Vaste Stof Fysica van de Vrije Universiteit in Amsterdam is na tientallen experimenten nog geen enkele aanwijzing voor de aanwezigheid van neutronen of op een extra warmte-ontwikkeling. Wel bleek tijdens proeven dat de palladium-elektrode (inmiddels flink zwart geworden), gevuld met deuteriumgas, witheet opgloeit als hij uit het water wordt gehaald en wordt afgedroogd, met bijvoorbeeld een tissue.

De verklaring is dat bij het schoonwrijven het nog aanwezige zware water wordt verwijderd. Het opgeslagen deuteriumgas aan het oppervlak van de palladium-elektrode kan dan reageren met zuurstof uit de lucht. De poreuze palladium-elektrode werkt daarbij als katalysator, ofwel als reactieversnellend medium. Het deuteriumgas wordt aan het oppervlak verbrand, waarbij warmte vrijkomt. Doordat er veel deuteriumgas in de elektrode is opgeslagen, kan de hoeveelheid warmte flink oplopen.

Dr R. Wijngaarden van de VU houdt het voor mogelijk dat het extreme warmte-effect van Fleischmann en Pons door een soortgelijk proces zou kunnen zijn veroorzaakt. „Er zijn vele processen denkbaar waarbij warmte vrijkomt, bijvoorbeeld bij een chemische reactie of bij absorptie. Het is echter nog te vroeg om een definitieve conclusie te trekken."

De neutronen die vrijkomen bij de 'koude' fusie-experimenten zijn mogelijk het gevolg van onbekende fusieprocessen. Maar, zo vragen Nederlandse plasmafysici zich af, is het niet mogelijk dat verontreiniging in het palladium tot die neutronenflux leidt? In palladium zit vaak platina, waaronder een radioactieve isotoop die alfa-deeltjes uitzendt. Deze deeltjes kunnen mogelijk vervolgreacties veroorzaken waarbij neutronen vrijkomen.

Het aantal neutronen dat bij diverse experimenten wordt gemeten is dermate laag, dat een micro-verontreining daarvoor verantwoordelijk zou kunnen zijn. Een uiterst speculatieve redenering, maar mocht die bewaarheid worden, dan gaat al het 'koude' kernfusiegedoe als een nachtkaars uit.

BROER SCHOLTENS

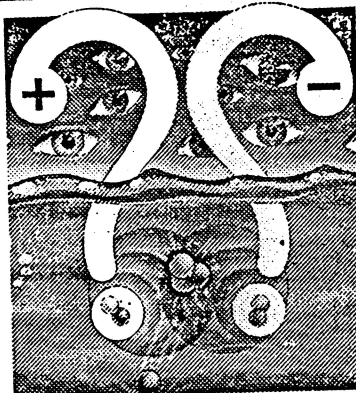
KOUDE KERNFUSIE-JOURNAAL

• Geleerden van de Comenius-Universiteit in het Tsjechische **BRATISLAVA** *maakten bekend, dat ze deze week de koude kernfusie-proef, waarmee Fleischmann en Pons (F&P) eind vorige maand in het nieuws kwamen, met succes herhaald hebben.*

• Geleerden van de Nationale Organisatie voor Alternatieve Energie in het Italiaanse **FRASCATI** *hebben deze week ook koude kernfusie weten te bewerkstelligen. Ze deden dit niet met behulp van elektrolyse, maar persten het zware waterstof onder hoge druk in titanium.*

• Prof. Ingvar Lundqvist, president van de Koninklijke Zweedse Akademie voor Wetenschappen, heeft zich laten ontvallen, dat de koude kernfusie wel eens tot een **NOBELPRIJS** *zou kunnen leiden. Men speurt nu in meer dan zestig jaar oude artikelen, omdat daarin mogelijk al het idee geopperd werd.*

• Het Engelse wetenschappelijke tijdschrift **NATURE** *meldt deze week, dat de 'ontdekking' van F&P, zoals die in een wetenschappelijke publicatie is beschreven, meer vragen dan antwoorden oplevert.*



• Het Amerikaanse wetenschappelijke tijdschrift **SCIENCE** *laat deze week weten, dat de vraag nog steeds blijft bestaan of de bij het F&P-experiment vrijgekomen warmte een gevolg is van kernfusie of van een nog onbekende chemische reactie. ,,Als het fusie is, dan is het proces een volledig raadsel", schrijft het blad.*

Pons vindt ook helium-4 bij koude kernfusie

Professor Stanley Pons van de University of Utah (VS) heeft bekend gemaakt dat hij bij herhaling van zijn geruchtmakende experimenten met 'koude kernfusie' nu een extra warmteontwikkeling van 80 procent gevonden heeft. Van groot belang is dat voor het eerst ook ^4He (helium-4, de algemeenste isotoop) is aangetoond. ^4He is het reaktieprodukt van een zeldzame fusiereactie ($D+D \rightarrow {}^4He$) tussen deuterium-kernen (D) die wel veel hitte maar geen neutronen oplevert. Het optreden van dit type fusie-reaktie werd tot voor kort als zeer onwaarschijnlijk beschouwd. Van sterke gammastraling, die ook bij $D+D \rightarrow {}^4He$ zou moeten vrijkomen, wordt niet door Pons gerept.

Cheves Walling, een onderzoeker van de universiteit van Utah die Pons helpt bij zijn experimenten, zegt dat laboratoria die naar neutronen en andere conventionele aanwijzingen voor fusie zoeken, 'hun tijd verspillen'. Men doet er volgens hem beter aan naar hitteontwikkeling en ^4He te kijken.

Pons en Martin Fleischmann hebben hun artikel over koude fusie voor het Britse tijdschrift 'Nature' teruggetrokken, heeft Nature meegedeeld. Onderzoekers die voor Nature als 'referee' optraden hadden aangedrongen op substantiële aanvulling van de tekst, maar Fleischmann en Pons zijn te zeer bij 'urgent onderzoek' betrokken om daaraan te kunnen voldoen. Het komende nummer van Nature (27 april) zal daarom alleen het artikel bevatten van de onderzoeksgroep van Steven Jones van de Brigham Young University (Utah). Een preprint van dit artikel circuleert al enige weken onder laboratoria en instituten die in kernfusie geïnteresseerd zijn.

De geruchtmakende elekrochemische kernfusieproeven zijn inmiddels ook herhaald op de Stanford University. Bij elektrolyse van zwaar water kwam volgens professor R.A. Huggins vijftig procent meer hitte vrij dan in de vorm van elektriciteit was aangevoerd. Bij een controle-experiment met gewoon water (waarop door veel onderzoekers is aangedrongen) kwam niet meer warmte vrij dan gebruikelijk. Het is daarom niet langer waarschijnlijk dat de hitte-ontwikkeling die Fleischmann en Pons melden een triviale chemische oorzaak heeft.

Eerder gemelde fusiesuccessen op de Texas A&M University en het Georgia Institute of Technology zijn niet bevestigd. Zij blijken op fouten te berusten.

Andere Amerikaanse instituten die wel intensief zoeken, maar tot dusverre nog niets gevonden hebben zijn California Institute of Technology, Argonne National Laboratory, Lawrence Livermore National Laboratory, Los Alamos National Laboratory, Brookhaven National Laboratory en Massachusetts Institute of Technology.

'Koude kernfusie' in palladium blijkt overigens al een zeer oude gedachte. Prof.dr.ir. M. de Bruin van het Interfacultair Reactor Instituut in Delft wijst op het bestaan van een zeer oude publikatie waarin al sprake is van 'koude kernfusie'. De onderzoekers F. Paneth en K. Peters van de universiteit van Berlijn publiceerden al in 1926 in het tijdschrift *Die Naturwissenschaften* (Heft 43, 22 oktober) de resultaten van een experiment waarbij uit waterstof onder inwerking van palladium helium ontstond. Het helium werd met de toen gebruikelijke spectraalanalyse aangetoond. Paneth en Peters lieten waterstof enige uren tot enige dagen absorberen door diverse palladiumpreparaten en verbranden daarna het waterstof (in het palladium) met zuurstof. Het eindprodukt bleek aanzienlijke hoeveelheden helium te bevatten. Mogelijk dat de sporen deuterium in waterstof hiervan de oorzaak waren.

Opvallend was dat sommige palladiumpreparaten het effect goed opriepen, maar andere in het geheel niet. Dit doet sterk denken aan het vreemde patroon van successen en mislukkingen die herhaling van het experiment van Fleischmann en Pons over de wereld oproept. Kennelijk is een bepaalde microverontreiniging, een bepaalde kristallijne toestand van het metaal of een andere, nog onbekende factor doorslaggevend voor het welslagen van fusie.

Koude kernfusie

De — overigens uitstekende — berichtgeving in uw krant over koude kernfusie vraagt om een toelichting op het sceptische standpunt dat door veel fysici wordt ingenomen ten aanzien van *een deel van* de claims van Fleischmann en Pons.

Het gaat dan niet om de neutronen-emissie die wijst op normaal verlopende D+D reacties, want daarop is onmiddellijk met groot enthousiasme gereageerd. Niemand wil ook uitsluiten dat dit proces, als het beter begrepen en geoptimaliseerd wordt, tot nuttige toepassing kan leiden.

Het ongeloof betreft de gerapporteerde warmteontwikkeling, die zou wijzen op een abnormaal verlopende D+D reactie. Die zou dan helium-4 moeten opleveren, een proces dat gewoonlijk miljoen maal minder frequent optreedt dan de neutronen-producerende reactie, maar in palladium juist miljard maal vaker zou moeten voorkomen. Hiervoor bestaat geen kernfysische verklaring.

Wel is er een tegenbewijs: koude kernfusie van deuterium met mu-mesonen (muonen) verloopt ook op de normale manier, dus overwegend met neutronen. Dit ontneemt elke grond aan een mogelijke speculatie dat de lage deuteronenenergie van het koude fusieproces een omkering van de verhouding tussen neutronen en helium-4 veroorzaakt. (Ik heb er al eerder op gewezen dat de voor de hand liggende controleproef is, te zoeken naar helium-4, niet zoals u schreef, helium-3).

En verder tegenargument is, dat bij vorming van helium-4 normaliter ook een zeer sterke (dodelijke) emissie van gammastraling zou moeten worden gezien. Als die ontbreekt zou er in dit experiment, naast de al genoemde wonderen (reactie bij lage temperatuur en directe vorming van helium-4) nog een derde wonder (verval van aangeslagen helium-4 zonder gammastraling) moeten optreden. De kwaliteit van de publikatie van F. en P. en de inhoud van de verder door hen gedane mededelingen zijn niet van die aard dat men op die grond in het simultaan plaatsvinden van drie wonderen kan geloven.

Met de onafhankelijk behaalde resultaten van Jones en de bevestiging door andere groepen kan men spreken van één verrassend, misschien baanbrekend resultaat. Maar om de gerapporteerde warmteontwikkeling uitsluitend op grond van een bewijs uit het ongerijmde (het kan niet chemisch zijn, dus het moet wel nucleair zijn) aan kernfusie toe te schrijven, gaat veel fysici te ver.

Prof.dr. C.M. Braams
Nieuwegein

Artikel over koude fusie ingetrokken

door HANS VAN MAANEN

AMSTERDAM – De ontdekkers van 'koude fusie', de Brit Martin Fleischmann en de Amerikaan Stanley Pons, hebben het artikel dat zij hadden aangeboden aan het Britse wetenschappelijke tijdschrift *Nature*, ingetrokken.

Zij willen hun artikel niet zodanig veranderen dat het tegemoetkomt aan bezwaren van collega's die het vooraf hebben gelezen. Vorige week herriepen twee instituten in Texas en Georgia hun bevestiging van de resultaten van Fleischmann en Pons.

In het jongste nummer van *Nature* zegt hoofdredacteur dr John Maddox dat "Fleischmann en Pons zich op het standpunt hebben gesteld dat zij niet tegelijkertijd de beoordelaars tevreden kunnen stellen en voortgaan met ander belangrijk werk."

Hij wijst er op dat de beslissing niet direct betekent dat Fleischmann en Pons ongeloofwaardig worden: "Het staat auteurs volkomen vrij om te beslissen of het de moeite waard is op het commentaar van de beoordelaars te antwoorden."

Geen heil

Het komt inderdaad geregeld voor dat auteurs het niet eens zijn met bezwaren van hun collega's en er geen heil in zien verbeteringen aan te brengen. Niettemin staat de terugtrekking in schril contrast met de eerdere aankondigingen van de twee elektrochemici.

Het artikel van Pons en Fleischmann zou overigens nog minder bijzonderheden bevatten dan een eerder gepubliceerd artikel in de *Journal of electroanalytic chemistry and interfacial electrochemistry*.

Gewoon water

Een van de grootste bezwaren tegen het artikel is dat de onderzoekers hun proeven met palladium, platina en zwaar water niet hebben gecontroleerd met gewoon water (dat chemisch niet verschilt van zwaar water).

Het bezwaar werd ook al genoemd toen de eerste details over de proeven naar buiten kwamen, en Maddox en zijn 'referees' wilden dat de auteurs nu een gezaghebbend, definitief artikel maakten.

"Het is het recht van iedere auteur om zijn artikel terug te nemen, maar ik ben natuurlijk teleurgesteld dat zij andere zaken belangrijker vinden," aldus Maddox in een nadere toelichting.

Een artikel van hun collega Steven Jones, ook over koude fusie, zal deze week wel worden gepubliceerd, zo belooft hij.

Dit artikel staat volgens de insiders ook op hoger wetenschappelijk peil dan dat van Pons en Fleischmann. Maar Jones spreekt niet van een zeer grote warmte-ontwikkeling. Hij toont wel helium en neutronen aan, hetgeen kan wijzen op kernfusie.

Inmiddels hebben onderzoekers in Texas die eerder een gedeeltelijke bevestiging van de resultaten hadden gemeld, hun berichten herroepen. De warmteontwikkeling was te wijten aan een fout in de elektrische bedrading, aldus de leider van het team, James Mahaffey.

De onderzoekers van het Georgia Institute of Technology, die een overschot aan neutronen meldden, zeiden dat hun meting van neutronen onbetrouwbaar was doordat een belangrijk onderdeel van de meetapparatuur niet bleek te deugen.

De enige aanzienlijke groep die nu nog een warmte-overschot heeft gemeten, is die van de Stanforduniversiteit in Californië. Prof. Robert Huggins nam een hoge warmteproduktie waar die hij niet chemisch kon verklaren, zo maakte hij vorige week woensdag bekend.

Een dag later kwam een nieuwe chemische verklaring van die hitte. Volgens de Berlijnse hoogleraar Gerhard Kreysa valt de warmteontwikkeling eenvoudig toe te schrijven aan de knalgasreactie: de in het palladium opgenomen waterstof (of deuterium, dat maakt zoals gezegd chemisch niet uit) reageert met zuurstof in de lucht; daarbij komt veel warmte vrij.

Hij wijst erop dat Pons en Fleischmann zeggen dat ze pas na uren hitte krijgen en hij schrijft dat toe aan de dalende waterspiegel. Het zware water verdampt, waardoor het palladium boven water komt te staan. Ook het feit dat Pons en Fleischmann de hitte soms pas krijgen als zij het palladium uit het water halen, pleit voor deze verklaring, zo meent Kreysa.

Als de verklaring zo simpel is, kan men zich weer afvragen waarom anderen niet eerder op het idee zijn gekomen...

Fusie: lessen uit '26 niet geleerd

Fusie anno 1926

Berlijn lijkt overigens de bakermat van het hele experiment te zijn. In een fraai staaltje wetenschappelijk spitwerk haalden Paul Allison en Klaus Lackner van het laboratorium in Los Alamos een oud artikel van de Duitsers Fritz Paneth en Karl Peters boven water. Deze twee Berlijnse geleerden publiceerden in 1926 in de Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft (dl. 59, pag. 2039) een artikel waarin zij zeiden waterstof in helium te hebben omgezet. Zij gebruikten ongeveer dezelfde proefopstelling als Pons en Fleischmann, ook met palladium in glazen buizen, maar met veel meer controles.

Een jaar later stuurde Paneth een brief naar Nature (dl. 119, p. 706) waarin hij de eerdere resultaten herriep. "Onze methoden zijn zo gevoelig dat wij konden aantonen dat een zelfs volkomen heliumvrij gemaakte glazen buis binnen een dag weer helium uit de atmosfeer opneemt."

Paneth en Peters gingen, na dit resultaat nauwgezet te hebben gemeld, verder met proefnemingen, totdat Harold Urey in 1931 aantoonde dat fusie tussen waterstofatomen onmogelijk is. In 1932 ontdekte Urey deuterium – zware waterstof.

Proef „koude kernfusie" ook in Groningen mislukt

Van onze verslaggever

GRONINGEN — Ook in in het Groningse Laboratorium voor Algemene Natuurkunde is zaterdag tevergeefs geprobeerd „koude kernfusie" tot stand te brengen. Volgens de natuurkundige dr E. du Marchie van Voorthuysen, die de proef uitvoerde, was een voortijdig mankement aan de apparatuur er de oorzaak van dat deze eerste poging mislukte.

„Zo'n mislukking zegt niks. Het kan in ieder geval nooit het bewijs zijn dat koude kernfusie niet zou kunnen. Experimentele natuurkunde is tenslotte een moeilijk vak", aldus de Groningse wetenschapper. Ook op het Groningse Kernfysisch Versneller Instituut zal nog deze week een poging worden ondernomen „koude kernfusie" tot stand te brengen.

Het zijn „dolle tijden" voor Du Marchie van Voorthuysen en zijn collega's: „Waar normaal wetenschappelijk nieuws via wetenschappelijke tijdschriften wereldkundig wordt gemaakt, lopen nu journalisten van dagen weekbladen overal de deur plat."

Du Marchie van Voorthuysen werkt met de apparatuur die in het laboratorium voorhanden is: „Ik heb er nog geen cent in gestoken, maar wel veel tijd. Ik wil proberen of op mijn manier koude kernfusie ook mogelijk is."

De Groningse wetenschapper werkt met een ionenbron — daarin zou de eigenlijke kernfusie moeten plaatsvinden — en een isotopenseparator. De proeven waarmee de elektrochemici Fleischmann en Pons zeggen „koude kernfusie" tot stand te hebben gebracht, gaan uit van elektrolyse van zwaar water. Daarbij wordt aan een negatieve palladium-elektrode deuteriumgas gevormd, dat zich ophoopt in een palladiumrooster. Aan de positieve platina-anode komt zuurstofgas vrij. Uit hun metingen zou blijken dat de elektrolyse vier maal zoveel warmte oplevert dan er is ingestopt.

Du Marchie van Voorthuysen werkt met een plasma. In het reactievat zit deuteriumgas onder lage druk en een bolletje titaan. Dit alles omgeven door een kokertje van koolstof. De deuteriumdeeltjes worden beschoten met elektronen, zodat een plasma ontstaat met positief geladen deuteriumdeeltjes en negatieve elektronen. Vanuit het plasma worden de deuteriumdeeltjes als het ware naar het titaan gezogen. De temperatuur bij deze reactie kan oplopen tot ongeveer duizend graden.

Daarom ook is er volgens Du Marchie van Voorthuysen misschien niet meer van een echt koude-kernfusie-experiment sprake. Maar in vergelijking met de tot nu toe gevolgde weg, waarbij extreem hoge temperatuur — zo'n miljoen graden Celsius - en hoge druk voorwaarden zijn voor kernfusie, stelt een temperatuur van duizend graden weinig voor. Die temperatuur van duizend graden had voor Du Marchie van Voorthuysen wel tot gevolg dat bij zijn experiment een kristallen buisje smolt, waarmee het staafje titaan op zijn plaats werd gehouden.

Om de koude kernfusie hangt een hardnekkige mist. We zien niet meer dan vage contouren. Dat een beker zwaar water de energiebron van de toekomst wordt, lijkt uitgesloten. Maar voor de wetenschappers bevat die beker nog genoeg raadsels om overuren te maken.

KOUDE KERNFUSIE

Er hangt mist om de beker zwaar water

door Willem Schoonen



De Amerikaan Stanley Pons (links) en de Brit Martin Fleischmann (rechts) bij hun proefopstelling. De wijzer van de neutronendetector (onder) slaat uit tijdens de elektrolyse van zwaar water. Een bewijs voor de fusie van deuteriumkernen, menen de beide onderzoekers.

De prijzen van palladium gingen de hoogte in. Beursspeculanten en oliesjeiks voelden de grond onder hun voeten even trillen. En de milieuorganisatie Aktie Strohalm in Utrecht zag, blijkens een persbericht, al kans tégen te zijn; de koude kernfusie zou als onuitputtelijke bron van energie de fossiele bronnen waardeloos maken en daarmee verspilling in de hand werken.

De Brit Fleischmann en de Amerikaan Pons hebben voor verwarring gezorgd met hun aankondiging, enige weken geleden dat zij atoomkernen tot fuseren wisten te brengen in een simpele elektrochemische proef. De hoop dat zij, na een knullige persconferentie, aan de verwarring een eind zouden maken in hun wetenschappelijke publikatie is ijdel gebleken. Ze schrijven in dat artikel zelf dat er alleen maar vragen zijn en geen antwoorden.

De Amerikaan Jones maakte al snel soortgelijke bevindingen bekend. Geen wonder, beide onderzoeksgroepen kennen elkaar en elkaars werk. Jones, werkzaam aan de Brigham Young universiteit in Salt Lake City, was eerder om zijn mening gevraagd over een subsidie-aanvraag van Pons, die op een steenworp afstand werkt aan de universiteit van Utah, en de Brit Fleischmann. Jones zag in die aanvraag onderzoek dat zeer dicht bij het zijne lag. Pogingen om beide groepen te laten samenwerken mislukten. Wel werd er de afspraak gemaakt de eerste publikatie van beide onderzoeksgroepen tegelijk te verzenden naar het Britse tijdschrift *Nature*. Die afspraak werd doorkruist doordat de universiteit van Utah voortijdig een persconferentie belegde waarop Fleischmann en Pons hun wonderbaarlijke kernfusie wereldkundig maakte.

Tussen beide groepen groeide de irritatie. Ondertussen stonden natuurkundigen en chemici over de hele wereld met bakjes zwaar water te knoeien. De televisiecamera's keken mee over de schouders van de ongeduldige onderzoekers, maar konden niets anders registreren dan de simpele elektrolytische scheiding van water in zuurstof en waterstof. Een werkelijke bevestiging van de koude kernfusie moet nog komen. Evenals een verklaring.

Eenvoudig

Fleischmann en Pons en Jons hebben een op het oog eenvoudig experiment uitgevoerd. Je neemt een bak zwaar water, dat is water waarin het waterstof is vervangen door deuterium (zwaar waterstof). Plaats daarin twee elektroden. Sluit de elektroden aan op een spanningsbron. Het resultaat is de elektrolyse van zwaar water. Bij de positieve elektrode wordt zuurstof gevormd.

Het andere bestanddeel van zwaar water, het deuterium, gaat naar de negatieve elektrode. Zorg je voor voldoende spanning op de elektroden, dan ontsnapt het deuterium daar niet, maar kruipt in de negatieve elektrode. De elektrode is vervaardigd uit een metaal, palladium of titaan, dat erom bekend staat veel waterstof te kunnen opnemen.

De onderzoekers beweren dat er onder invloed van de elektrolyse zeer veel deuterium de elektrode in gaat. Je krijgt als het ware deuterium onder hoge druk. Dat zou leiden tot het fuseren van deuteriumkernen en het vrijkomen van neutronen en energie.

Bij veel natuurkundigen gaan de wenkbrauwen omhoog. Het is waar dat er bij het fuseren van atoomkernen grote hoeveelheden energie vrijkomen. Maar het probleem is dat atoomkernen er nauwelijks toe te brengen zijn samen te gaan. Ze stoten elkaar sterk af.

Zie de koepel van de Sint Pieter in Rome. Dat is het atoom. In het midden zit de positief geladen kern. De negatief geladen elektronen die om de kern zwerven vormen de koepel. In die enorme koepel is de kern niet groter dan een speldeknop.

Sint Pieter

Nu staat er naast de Sint Pieter nog zo'n koepel, met zo'n zelfde speldeknop. Als je die twee speldeknoppen zo ver weet te krijgen dat ze samensmelten, dan zullen ze dat met groot enthousiasme doen, onder het vrijgeven van veel energie. Maar de twee speldeknoppen doen niets liever dan bij elkaar uit de buurt blijven. En dankzij die enorme koepels hebben ze daarmee geen enkele moeite.

Wil je fusie krijgen, dan moet je de beide koepels eigenlijk uit elkaar gooien om de speldeknoppen de kans te geven elkaar (ongewild) tegen te komen. Dat is wat er in de zon gebeurt; bij zeer hoge druk en temperatuur valt de materie uiteen in de afzonderlijke bestanddelen en komen atoomkernen, niet meer gehinderd door de omringende koepels van elektronen, elkaar tegen. Dat is ook wat plasmafysici doen, speldeknoppen bij elkaar brengen. In zeer gecompliceerde reactoren creëren ze extreme omstandigheden die de atomen uiteen doen vallen, zodat de kernen de kans krijgen te fuseren. Is het creëren van die extreme omstandigheden al een zware klus, het in stand houden ervan is bijna ondoenlijk; als de plasmafysici dat één seconde zouden volhouden, zouden ze dolblij zijn.

Andere wegen

Er zijn andere wegen om de afstoting te overwinnen die de fusie van atoomkernen in de weg staat. De truc zit in de koepel van elektronen rond atoomkernen. Als het elektron zwaarder zou zijn dan het is, heb je niet meer te maken met de koepel van de Sint Pieter, maar met een verkleinde uitgave daarvan. Dat maakt de kans groter dat de atoomkernen bij elkaar in de buurt komen.

De zogenaamde muon-gekatalyseerde fusie is een toepassing van dit principe. In het atoom worden de elektronen vervangen door muonen, deeltjes die dezelfde negatieve lading hebben maar tweehonderd maal zwaarder zijn. Het resultaat: je krijgt veel eerder kernfusie dan met gewone waterstof- of deuteriumatomen. De muon-gekatalyseerde fusie werd ooit met groot enthousiasme begroet. Maar deze technologie is nog niet verder dan het prille, experimentele stadium. Het kost veel energie om de elektronen door muonen te vervangen. En het vervelende is dat het muon een instabiel deeltje is; het leeft niet langer dan een miljoenste van een seconde.

De koude fusie, die nu zoveel stof doet opwaaien, is een poging de vervelende eigenschappen van het muon te omzeilen. Het is al meer dan een eeuw bekend dat bepaalde metalen, waaronder palladium en titaan, grote hoeveelheden waterstof (of de zwaardere verwanten deuterium en tritium) kunnen opnemen. En het is ook al geruime tijd bekend dat dat voor het waterstofatoom niet zonder gevolgen is.

Kruipt het waterstofatoom in palladium dan krijgt het ook een kleinere koepel. Het is alsof het elektron zwaarder wordt; fysici spreken van een effectieve massa van het elektron, die groter is dan de werkelijke massa.

Fleischmann en Pons kenden deze eigens van de 'legering' waterstof-palladium. J heeft in het verleden aan muon-gekatalyse fusie gewerkt en zocht naar andere weger het zelfde effect te bereiken. Allen kwa terecht bij elektrolyse als een mogelijke weg voldoende waterstof in palladium te stouw Nu, dat is prachtig. Je hebt palladium met d deuteriumatomen die iets in elkaar gedrukt Is dat genoeg voor kernfusiereacties?

Ja, zegt Jones, want ik registreer de neutr die daarbij vrijkomen. En wat meer is: ui reactievergelijking van de fusie van twee de riumkernen tot een heliumkern kan ik afle welke energie die neutronen moeten hebbe die berekende energie klopt met de metin Ja, zeggen Fleischmann en Pons, want ook zien neutronen vrijkomen. En wat meer is: meten een forse hoeveelheid vrijkome warmte, die het resultaat moet zijn van de f van deuteriumkernen.

Het vrijkomen van neutronen is een stevige wijzing voor een fusiereactie. En enkele lab toria hebben de afgelopen weken die waa ming bevestigd. Een Italiaans onderzoeksi tuut meldde vorige week zelfs een fusierea te hebben verkregen zònder elektrolyse, c gasvormig deuterium in palladium te laten pen. Tegenover de bevestigende berichten st echter zeer veel onderzoekers die helemaal n zien.

Ignition!

Bij de warmte-opbrengst van Fleischmann Pons gaan de wenkbrauwen van de fysici we om omhoog. In hun eerste wetenschappe publikatie over het onderwerp beweren b geleerden dat die hoeveelheid warmte afh van het volume van de gebruikte elekrode. ning!, staat er; maak de negatieve elektrode te groot, want dan loopt de reactie uit de h Een elektrode van een kubieke centimeter le tot wat Fleischmann en Pons *ignition* noer Ze leggen helaas niet uit wat ze met 'ignit bedoelen. Plasmafysici gebruiken de term aan te duiden dat in een reactor de fusierea zichzelf aan de gang houdt. Dat moment ligt ver in de toekomst, en het is onwaarschijnlijk Fleischmann en Pons hetzelfde bedoelen. collega-onderzoekers speculeren over een peler verklaring voor 'ignition'. Wie water elektrolyse splitst krijgt zuurstof en waters Kunnen die twee bij elkaar komen, dan reage ze heftig: knalgas! Was dat misschien die i tion? Fleischmann en Pons geven in hun ar op die vraag geen antwoord.

Na het geknoei met potjes zwaar water ir eerste dagen, zijn onderzoeksinstituten en versitaire groepen in Nederland gekomen afspraken. Pogingen om de proeven van Fle hmann en Pons en van Jones te herhalen wor op enkele plaatsen voortgezet. Andere onzoekers verrichten metingen aan de struc van waterstof-palladium, en er wordt in de t rie gezocht naar uitsluitsel.

De stand: het is mogelijk dat zich in de palladi elektrode een fusiereactie voordoet, maar moet nog bewezen worden. Dat er bij de voudige elektrolyse van zwaar water grote h veelheden energie vrijkomen is vrijwel uitge ten. De kernfusie wordt minder heet gege dan hij werd opgediend. Voor de wetensc pers liggen er een paar boeiende vragen, n de energiebehoefte zal niet gestild kunnen den met een bak zwaar water.

Koude kernfusie bleek in 1926 vergissing te zijn

MÜNCHEN (DPA) — Het versmelten van waterstofatomen tot helium met gebruikmaking van een palladiumelektrode, zoals de chemici Fleischmann en Pons beweren te hebben ontdekt, hebben Duitse onderzoekers reeds in 1926 beschreven in twee vaktijdschriften. Het jaar daarop trokken ze hun claim alweer in in dezelfde bladen, evenals in Nature. Het Britse natuurwetenschappelijke tijdschrift schrijft dat in zijn jongste uitgave.

De twee Duitse onderzoekers, Fritz Paneth en Kurt Peters van het chemie-instituut van de universiteit van Berlijn, publiceerden hun verhaal over „koude" kernfusie in „Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft" (het huidige „Chemische Berichte") en in „Die Naturwissenschaften".

Ze verkregen het edelgas helium door een liter waterstof door een roodgloeiende, dunne buis van palladium te laten stromen. Toen ze hun apparatuur vereenvoudigden, bleek dat ook koud palladium helium deed ontstaan. Verdere experimenten bevestigden hun theorie: uit waterstof moest helium zijn ontstaan.

Overtollige energie vonden de onderzoekers toen niet, in tegenstelling tot Fleischmanne en Pons nu, maar ze namen aan dat toch een kleine hoeveelheid moest zijn ontstaan, die in de vorm van straling verloren was gegaan.

In april 1927 volgde de omslag: Paneth en zijn medewerkers kwamen na nieuwe experimenten tot de conclusie dat ze twee belangrijke oorzaken van fouten hadden onderschat. Helium uit de lucht zou door de dunne glaswand van het reactievat gedrongen kunnen zijn en bovendien ontdekten ze dat de palladium-asbest-katalysator gebonden helium vrijmaakte, echter slechts in de aanwezigheid van waterstof en niet van zuurstof.

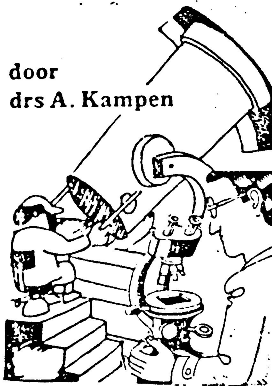
Er is nog een parallel met de huidige ontwikkelingen. In februari 1927 diende John Tandberg van het onderzoekslaboratorium van Electrolux in Zweden een patent-aanvraag in voor een inrichting die „helium en nuttige energie" zou leveren uit water. De grondslag was het werk van Paneth en Peters, maar met een „duidelijke verbetering van de effectiviteit". Ook Fleischmann en Pons hebben patent-aanvragen lopen. De patent-aanvraag uit 1927 werd nooit gehonoreerd.

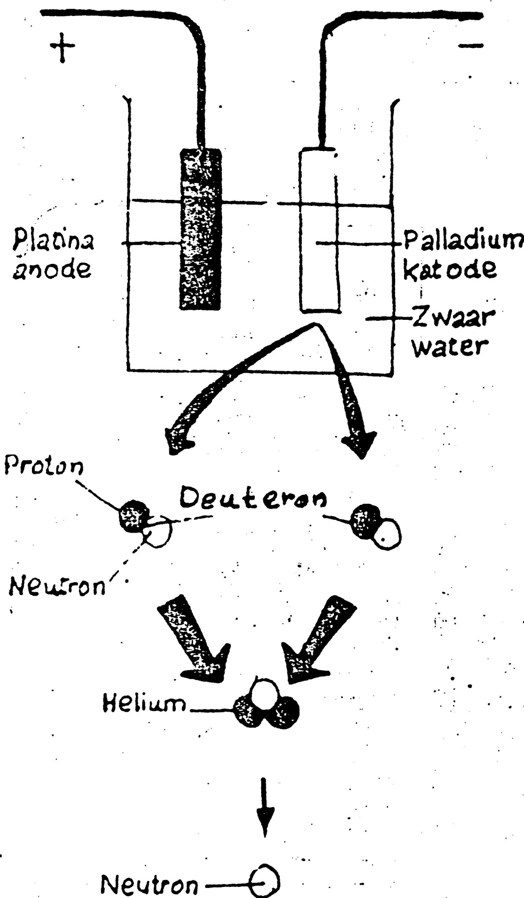
Onderzoekers van twee Amerikaanse instituten hebben hun claim over de bevestiging van de experimenten van Fleischmann en Pons inmiddels herroepen. Daarnaast hebben de beide elektrochemici het artikel over „koude" kernfusie dat ze hadden aangeboden aan Nature ingetrokken.

Koude kernfusie: wordt 't nog wat?

Momenteel is koude kernfusie het onderwerp van de dag. Overal uit de wereld komen berichten vandaan, dat ook daar kernfusie bij kamertemperatuur is bereikt. Niet overal is het experiment gelukt. In ons land bij voorbeeld hebben wetenschappers nog geen neutron gezien. Komt dat omdat onze onderzoekers zo stom zijn, of is er meer aan de hand?

door
drs A. Kampen





Elektrolyse van zwaar water. Aan de palladium-elektrode wordt deuteriumgas of zwaar waterstofgas gevormd, aan de platina-elektrode zuurstofgas. Twee deuteriumkernen (die elk uit een proton en een neutron bestaan) 'smelten' samen tot een heliumkern. Deze bestaat uit twee protonen en een neutron. Er blijft dus een neutron over, dat ontsnapt. Of er bij de elektrolyse kernfusie optreedt, is vast te stellen door de energie van dat neutron te meten.

Twee scheikundigen, Stanley Pons van de universiteit van Utah in Salt Lake City en Martin Fleischmann van de universiteit van Southampton, deden journalisten verbaasd staan met de mededeling, dat zij kernfusie bij kamertemperatuur in een bekerglas teweeg hadden gebracht. De twee chemici elektrolyseerden zwaar water. Ze gebruikten daarbij een platina anode en een palladium kathode. De elektrische stroom splitste het zware water in zuurstofionen en deuteriumionen (deuteronen), die in de poriën van het palladium gingen zitten. Metalen, zoals palladium, staan erom bekend dat zij gemakkelijk waterstof kunnen opnemen. In het geval van deuterium lijkt het erop dat de deuteronen zo dicht bij elkaar komen te zitten, dat er fusie optreedt. Volgens Pons en Fleischmann kwam er bij de proef meer energie vrij dan erin gestopt was in de vorm van elektriciteit. Bij de elektrolyse zou veel warmte vrijkomen, zo veel zelfs dat tijdens enkele proeven onderdelen van de proefopstelling zouden zijn gesmolten.

Wat de oorzaak van de reactie ook mag zijn, er is iets vreemds aan de gang. De omstandigheden in de palladium elektrode zijn ongewoon. In een metaal zijn veel elektronen voorhanden. Het zou voor de hand liggen dat de deuteronen met die elektronen atomen gaan vormen, maar dat gebeurt niet. Er is echter geen spoor deuteriumgas waargenomen, wat normaal wel gebeurt bij elektrolyse. In plaats daarvan blijven de deuteronen dicht opeen gepakt in het metaal zitten.

De proeven van Pons en Fleischmann werden voorpaginanieuws. Hoofdartikelen, waarin de reserves aan zwaar water in de oceanen werden berekend, en vergelijkingen werden gemaakt tussen de hoeveelheid fossiele brandstoffen om de centrales aan de gang te houden en de hoeveelheid zware waterstof die daarvoor nodig is, waren aan de orde van de dag. Ook ons 'eigen' NOS-Journaal schotelde het kijkerspubliek close-up beelden voor van reageerbuisjes water, waarin een elektrische stroom liep. Henny Stoel kiest exact! Komt dat zien! Kernfusie in een teiltje water, dat wordt het; het energieprobleem definitief opgelost!

Terughoudend

In tegenstelling tot de media reageerden wetenschappers uiterst terughoudend op de proef van Pons en Fleischmann. En dat is ook geen wonder. Kernonderzoekers bewandelen al jaren een andere weg om tot kernfusie te komen. Zij proberen kernfusie tot stand te brengen bij extreem hoge temperaturen en hoge druk. Daarvoor zijn enorme en kostbare installaties nodig. En dan komen er plotseling twee chemici, nota bene niet eens vakbroeders, met het verhaal dat ze kernfusie bij kamertemperatuur hebben gerealiseerd... Dat kan toch niet waar zijn? Toch waren de fysici niet helemaal gerust en gingen de experimenten herhalen.

Twee weken terug bevestigde Steven Jones van de universiteit van Utah de proeven van beide heren. Hij vond echter veel minder vrijkomende energie. In tegenstelling tot Pons en Fleischamnn slaagde Jones erin de energie van de vrijkomende neutronen te meten. Ook Nederland, al jaren een van de koplopers in de fusierace, wierp zich in de strijd. Bij de vakgroep Vaste Stof Fysica van de Vrije Universiteit in Amsterdam heeft men na ettelijke proeven geen enkele aanwijzing gevonden voor de aanwezigheid van neutronen. Ook werd geen extra warmteontwikkeling gevonden. Wel werden de palladiumelektroden gloeiend heet, als ze uit het water werden gehaald. Dat komt doordat het deuterium in het palladium dan reageert met zuurstof uit de lucht. Het elektrodenmetaal werkt daarbij als katalysator. Het deuteriumgas verbrandt, waarbij warmte vrijkomt. Doordat er veel deuterium in de elektrode is opgeslagen, kan de hoeveelheid warmte flink oplopen. Het is mogelijk dat het extreme warmte-effect van Pons en Fleischmann door een soortgelijk proces is veroorzaakt. De VU-onderzoekers zijn van mening dat het nog te vroeg is om een definitieve conclusie te trekken. Wat de neutronen die vrijkomen betreft, deze zijn waarschijnlijk het gevolg van onbekende fusieprocessen. Misschien zijn ze afkomstig uit een verontreiniging van het palladium. In dit metaal zitten vaak sporen van een radioactieve platinasoort, die alfadeeltjes uitzendt. Waarschijnlijk veroorzaken deze deeltjes nieuwe kernreacties, waarbij neutronen vrijkomen.

Beroering

De proeven van Jones, Pons en Fleischmann hebben de fysische en chemische wereld danig in beroering gebracht. Het is niet duidelijk, waarom de uitkomsten van hun proeven verschillend waren. Slechts door nog nauwkeuriger en gedetailleerde proeven zal duidelijk moeten worden, wat er aan de hand is. Om met Jones te spreken: „We hebben Assepoester gevonden, maar haar schoen nog niet".

Kernfusie 1

De universiteit van Utah wil 25 miljoen dollar van de Amerikaanse regering als bijdrage in de kosten van een instituut dat zich moet gaan toeleggen op de commercialisering van kernfusie bij lage temperaturen. Op termijn zou de overheid volgens de universiteit 125 miljoen dollar voor dat instituut moeten uittrekken.

De Amerikaanse chemicus Pons, verbonden aan de universiteit van Utah, en zijn Britse collega Fleischmann baarden vorige maand nogal wat opzien met hun bewering dat zij kernfusie tot stand hadden gebracht bij kamertemperatuur en in een glas zwaar water. Kernfusie wordt tot nu toe alleen voor mogelijk gehouden bij zeer hoge temperaturen en drukken.

Het experiment is tot op heden niet herhaald, hoewel tientallen onderzoekers over de hele wereld daar al weken pogingen toe ondernemen. Hoewel de herhaling niet wil lukken, wil de universiteit toch alvast overheidsgeld voor de bouw van het onderzoeksinstituut.

Volgens woordvoerders van de universiteit van Utah hebben zeventig bedrijven een overeenkomst getekend waarin staat dat ze vijf patent-aanvragen op basis van koude kernfusie mogen onderzoeken, op voorwaarde dat de gegevens vertrouwelijk blijven. Een derde deel van de royalties die uit de patenten voortvloeien, zou naar de uitvinders gaan.

Het geplande onderzoeksinstituut voor koude kernfusie zou een verbinding moeten gaan vormen tussen wetenschap en bedrijfsleven, teneinde de ontwikkeling en het vrijgeven van gegevens over koude fusie te versnellen. Het zou de commercialisatie van het 'koude' kernfusie-proces ter hand moeten nemen.

„Dat instituut is nodig om bij te blijven in de internationale concurrentie", stelde Ira Magaziner, adviseur van de universiteit van Utah, tijdens een hoorzitting woensdag van de commissie voor wetenschap, ruimtevaart en technologie van het Amerikaanse Congres. „In Japan doen al honderd bedrijven onderzoek aan het proces van 'koude' kernfusie. Geldelijke ondersteuning van de federale overheid is nodig om de concurrentie uit Japan en Europa van het lijf te houden."

Een van de vooraanstaande leden van de commissie, de republikein Robert Walker, afgevaardigde van Pennsylvania, stelde woensdag dat de overheid minimaal met 25 miljoen dollar over de brug moet komen. Voordat daarover een beslissing wordt genomen, is het noodzakelijk dat er nu al vijf miljoen dollar beschikbaar komt. Walker heeft een amendement ingediend op de begroting voor kernfusieresearch, waarin daarmee rekening wordt gehouden.

Kernfusie 2

Inmiddels is bekend geworden dat een groep onderzoekers van het *Georgia Institute of Technology* hun eerdere claim over gedeeltelijke herhaling van de experimenten van Pons en Fleischmann, hebben ingetrokken. Eerder hadden ze laten weten dat hun testapparatuur tijdens het experiment kapot was gegaan. Bij een herhaling van het experiment kwamen geen neutronen vrij, waaruit blijkt dat van fusie geen sprake is.

Dr James Mahaffey, leider van de onderzoeksgroep: „We hebben geen koude fusie aangetoond in dit experiment, maar we hebben ook niet aangetoond dat het nooit kan gebeuren."

Aan het *Massachusetts Institute of Technology* heeft dr Peter Hagelstein een nieuwe theorie opgesteld ter verklaring van het fenomeen koude kernfusie. Hagelstein werkte voorheen aan de ontwikkeling van een laserwapen in het kader van het *Strategic Defense Initiative* (SDI).

Volgens de theorie van Hagelstein gaat de energie die vrijkomt bij de fusie van deuteriumkernen niet over in straling of sub-atomaire deeltjes, maar wordt hij opgeslagen in het kristalrooster van de palladium-elektrode. Na verloop van tijd komt de energie daar uit vrij in de vorm van warmte. Papers waarin deze hypothese is neergelegd, zijn opgestuurd aan het wetenschappelijk tijdschrift *Physical Review Letters*. Een andere onderzoeker van MIT, Keith Johnson, stelt daarentegen dat de meeste energie die vrijkomt bij koude kernfusie van chemische in plaats van nucleaire oorsprong is.

Sinds eind vorige maand is 'koude kernfusie' onderwerp van verhitte discussies in het anders tamelijk rustige natuurkundige wereldje. De elektrochemici Fleischmann en Pons maakten toen via de Universiteit van Utah bekend dat ze erin waren geslaagd zwaar waterstof-kernen (deuteronen) te laten samensmelten in een staaf palladium, die via een gewone batterij in een omgeving van zwaar water negatief geladen was ten opzichte van een positieve platina-elektrode. Kernfusie bij 'kamertemperatuur' dus. Vooral de door hen waargenomen positieve energie-balans sprak sterk tot de verbeelding. Tegelijkertijd kwamen ook experimenten van de fysicus Steven Jones van de eveneens in de Amerikaanse staat Utah gelegen Brigham Young Universiteit in de circulatie. Hij had bij vergelijkbare elektrolyse-proeven, waarbij titanium de plaats van palladium innam, ook verschijnselen waargenomen die op kernfusie wezen. Kernfusie echter op een laag pitje en ook nauwelijks of geen warmte-ontwikkeling. Jones en zijn theoretische steunpilaar Rafelski hadden gewoon wat rondom de al bekende kernfusie-theorieën heen geëxperimenteerd.

Delft al enige jaren in koude kernfusie

„Koude kernfusie nemen wij ook al een sinds een paar jaar waar," vertelt dr. ir. C.W.E. van Eijk. Hij is hoofd van de groep 'Instrumentatie Stralingsonderzoek' van de afdeling Technische Natuurkunde van de TU Delft en als 'gast' werkzaam in het Interuniversitair Reactor Instituut IRI te Delft.

De koude kernfusie waar dr. van Eijk op doelt, is de zogenoemde 'muon gekatalyseerde fusie'. Hierbij wordt kernfusie bereikt door in moleculen zwaar waterstof (deuterium) of nog zwaarder waterstof (tritium) of een combinatie van deze twee waterstof-isotopen de negatieve elektronen te vervangen door negatieve muonen. Deze elementaire deeltjes zijn 207 maal zwaarder dan een elektron en zorgen er als het ware voor dat de kernen in het molecuul dichter tegen elkaar gedrukt worden en er kernfusie plaats vindt.

Dr. van Eijk: „Deze muCF-experimenten worden uitgevoerd in het Rutherford Appleton Laboratorium bij Oxford. Daar bevindt zich de zogenoemde ISIS-faciliteit, waarmee neutronen-onderzoek gedaan wordt, waaraan Nederland ook officiëel deelneemt. Om die neutronen te krijgen wordt er een bundel protonen op een blok uranium 'geschoten'. Door die protonenbundel eerst door een plaat koolstof te leiden ontstaan de muonen, die wij voor onze proeven nodig hebben. De experimenten worden uitgevoerd in samenwerking met de universiteiten van Birmingham en Bologna, met het Idaho Research Instituut en met de Brigham Young Universiteit in de Amerikaanse staat Utah. Steven Jones, die nu met zijn 'koude fusie' in het nieuws is gekomen, werkt ook nauw met ons samen."

Laag pitje

Kernfusie dus met muonen als gangmaker. „Het idee van de 'muon gekatalyseerde fusie' dateert al uit 1947," vertelt dr. van Eijk. „De Engelse fysicus Frank was de eerste, die erover theoretiseerde. Ook de bekende Sovjet-natuurkundige Sakharov heeft eraan gewerkt. Pas in 1956 nam de Amerikaan Alvarez verschijnselen waar die gezien konden worden als resultaat van kernfusie. Het onderzoek kwam daarna op een laag pitje te staan, maar de laatste jaren is het mede als gevolg van nieuwe ontdekkingen weer op gang gekomen."

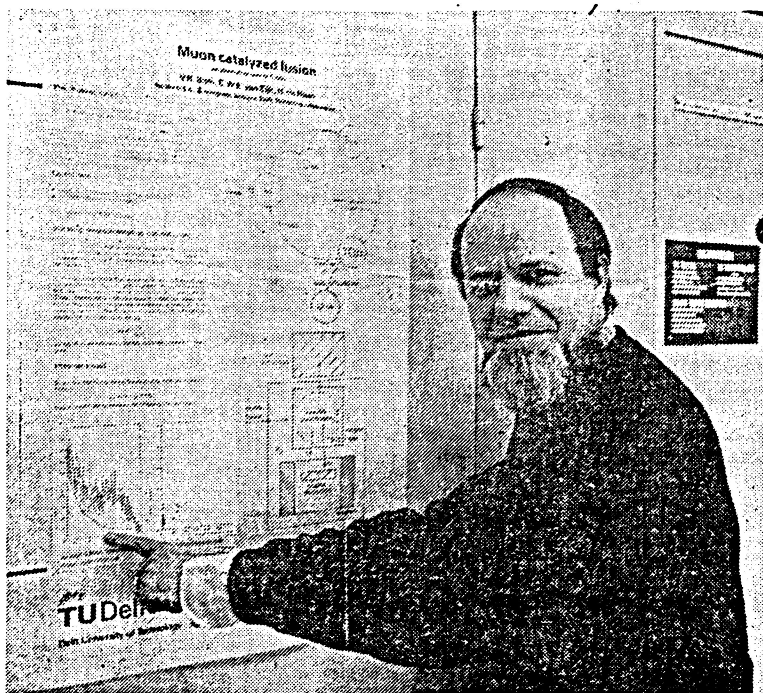
„Het grote probleem is het maken van muon-molecu-len," vervolgt hij. „Een muon heeft slechts een levensduur van twee miljoenste seconde. In die tijd moet er dus fusie plaats vinden. We zijn nu zover dat we ongeveer 200 fusies per seconde hebben. We zouden er echter een paar duizend per seconde moeten hebben om het proces interessant te maken. Een probleem is bijvoorbeeld dat de muonen die bij 'onze' koude fusie vrijkomen ook weer voor een deel ingevangen worden door andere deeltjes en dan voor de voortgang van het proces verloren zijn."

Hogere temperaturen

Op het Rutherford Appleton Laboratorium wil de muCF-groep onderzoeken of men bij toekomstige experimenten met hogere temperaturen kan werken, waardoor dit invangen van de vrijgekomen muonen mogelijk geremd kan worden. „Je kunt dan eigenlijk niet meer over koude fusie spreken," zegt van Eijk. „Het blijven vergeleken met de temperaturen van honderd miljoen graden, die de grote kernfusie-jongens nodig hebben, echter toch kamertemperaturen."

De 'koude kernfusie'-opwinding van de afgelopen maand laat dr. Eijkman voorlopig koud. Hij is met zijn eigen 'koude kernfusie' bezig.

„Voorlopig levert de koude fusie nog geen energie op," zegt hij. „Wanneer dat wel gaat gebeuren, dan betekent het 't einde van de olie- en kolencentrales. Ook de kerncentrales kunnen het dan wel vergeten. Er zal dan voorlopig alleen nog wat 'olie' voor auto's nodig zijn en de luchtverontreiniging, die ons nu zoveel zorgen baart, zal beduidend afnemen."



■ Dr. ir. C.W.E. van Eijk: „Voorlopig levert de koude fusie nog geen energie op." Foto: Wim Hofland

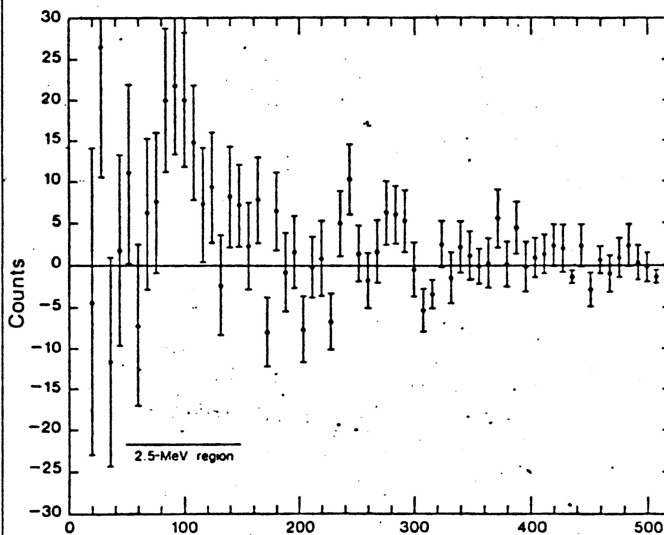
Euratom wil snel uitsluitsel over ‘koude kernfusie’

Karel Knip
Rob Biersma

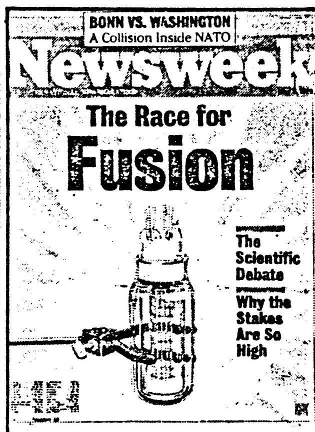
Het Europese directoraat voor kernfusie van Euratom heeft de aangesloten instituten drie maanden de tijd gegeven een uitspraak te doen over de betekenis van ‘koude kernfusie’ voor de energievoorziening. Euratom is het EG-bureau voor kernenergie dat veel kernfusie-onderzoek subsidieert. Nederlandse instituten die steun van Euratom ontvangen zijn het FOM-instituut voor plasmafysica Rijnhuizen in Nieuwegein en het Energie Onderzoekcentrum Nederland (ECN) in Petten.
Prof.dr. M.J. van der Wiel, directeur van Rijnhuizen: “In zekere zin is daarmee de bewijslast opeens omgedraaid: niet langer moeten Fleischmann, Pons en Jones cum sui bewijzen dat hun koude fusie bruikbare energie oplevert, maar staan de gevestigde kernfusie-instituten opeens voor de taak aan te tonen dat de praktische betekenis van die proeven nihil is. We hebben begrepen dat wij, hete fusie-onderzoekers, niet eerder nieuwe onderzoeksvoorstelen bij Euratom hoeven in te dienen voordat een beslissende uitspraak is gedaan over koude fusie.”

Terughoudendheid

De rigide politiek van Euratom is in kleine kring al een dag of tien bekend en heeft onder fusieonderzoekers veel ongerustheid gewekt. Een en ander verklaart waarom het aanvankelijk enthousiasme van de Nederlandse onderzoekers zo abrupt in terughoudendheid omsloeg en waarom juist de mogelijke energie-opbrengst van de koude kernfusie thans uitdrukkelijk in twijfel wordt getrokken.
De kans op een definitieve uitspraak over de energie-opbrengst van koude kernfusie nemen overigens toe. Alleen al in Nederland zijn op dit moment tien onderzoeksgroepen bezig met koude kernfusie. Naast ‘Rijnhuizen’, het ECN en de VU zijn ook twee groepen op de TU Eindhoven en twee groepen van de Rijksuniversiteit Groningen aan koude fusie begonnen. Daarnaast loopt onderzoek bij AMOLF (FOM-instituut voor atoom- en molecuulfysica) in Amsterdam, het KVI (Kernfysisch Versneller Insituut) in Groningen en het IRI (Interfacultair Reactor Instituut) in Delft.
Geen van de Nederlandse onderzoeksgroepen heeft bevestiging van koude kernfusie kunnen leveren. Hoopgevende resulaten, zoals bij het AMOLF (zie hieronder), bleken op storingen te berusten. Ook van laboratoria elders op de wereld zijn de afgelopen week weinig nieuwe successen gemeld die uitblonken in ‘harde gegevens’. Berichten van nieuwe successen komen onder meer uit de VS, India, Brazilië en de Arabische Emiraten.
Het nieuws van 17 april dat medewerker Cheves Walling van Stanley Pons de vorming van ^4He had aangetoond is met veel argwaan ontvangen. Nederlandse onderzoekers wijzen erop dat de kans groot is dat ^4He, dat immers ook in gewone lucht voorkomt, in de palladiumelektrode was geabsorbeerd en door het binnendringende deuteriumgas werd uitgedreven.
Iets dergelijks heeft destijds de Duitse onderzoekers Paneth en Peters van de universiteit van Berlijn parten gespeeld. Paneth en Peters haalden (zoals vorige week gemeld) in 1926 de wereldpers met het bericht dat zij met hulp van palladium waterstof in helium hadden omgezet. Inmiddels is gebleken dat zij al in 1927 de teleurstellende verklaring hadden gevonden: het bleek dat helium in het glaswerk was opgelost en door de waterstof werd vergedreven.
Het vermoeden dat waterstof door palladium in helium zou zijn om te zetten is overigens al erg oud. Lezer P.E. van der Vet wijst op een artikel van de onderzoekers Collie en Patterson in de *Transactions of the Chemical Society* van 1913 waarin deze omzetting met stelligheid geponeerd wordt.
Cheves Walling zegt dat in Utah veel meer ^4He gevormd wordt dan in 1926 in Berlijn. Met collega-onderzoeker John Simons heeft hij een theoretisch artikel over $D+D \rightarrow {}^4He$ aangeboden aan het *Journal of Physical Chemistry*.



Neutronentellingen bij het fusie-experiment van Steve Jones en de statistische onzekerheden daarin door variaties in de natuurlijke neutronenstraling. De piek bij 2,5 MeV zou deuteriumfusie aantonen. (Nature, 27 april)



Cover van Newsweek volgende week.



De ‘Cold Fusion Latest’ van Nature.

Vulkanisch bronwater

Inmiddels verscheen op 27 april de *Nature* (‘Cold fusion latest’), waarin de definitieve versie is opgenomen van het artikel van Jones dat als manuscript de wereld is rondgefaxt. In het artikel, dat belangrijk van het fax-manuscript verschilt, wordt duidelijk hoe Jones kwam tot zijn bizarre samenstelling van de elektrolyt-oplossing. Model voor de samenstelling stond heet vulkanisch bronwater — Jones is ervan overtuigd dat ook diep in de aardkorste koude fusie optreedt. Dat zou zijn af te leiden uit de relatief hoge hoeveelheden tritium en de eigenaardige verhouding tussen ^3He en ^4He die in vulkanische omgeving wordt waargenomen. Overigens: beschouwingen over de vulkaanuitbarsting nabij Hawai werden geschrapt.
Nature is het centrum van de fusie-discussie geworden. J.M Carpenter, die als referee voor het artikel van Jones optrad, benadrukt dat neutronenstraling die door kosmische straling wordt opgewekt, dezelfde energie bezit als van ‘koude fusie’ en bovendien sterk in tijd varieert. Om kosmische straling uit te sluiten heeft Jones besloten zijn proeven in het Italiaanse instituut voor kernfysica diep in de berg Gran Sasso te herhalen.
Anderen nemen aan dat Jones vooral de effecten van kosmische *muonen* wenst te vermijden. Een groot deel van de correspondentie van Nature wijst op het fuserend vermogen van muonen.
Op hetzelfde wijst Peter Hagelstein, een gewezen SDI-onderzoeker en hoofdpersoon in het boek *Star warriors*, in een manuscript dat hij aanbood aan *Physical Review*. Hij geeft hierin een theoretische verklaring voor de $D+D \rightarrow {}^4He$-reactie, waarin kosmische straling als de initiator van een kettingreactie optreedt.

DAGBOEK VAN EEN FUSICUS

Frans W. Saris

Vrijdag 21 april. "Er zijn neutronen gemeten", zegt Aart Kleyn, een van onze groepsleiders, door de telefoon, "het waren er nogal veel. Veel meer dan Fleischmann heeft gerapporteerd. Het apparaat had al een tijdje op deuterium gedraaid toen plotseling de neutronenteller op hol sloeg, 300 counts in 3 seconden. Daarop is de noodknop ingedrukt. Maar dat was toch 50 mRem, de maximale stralingsdosis voor een week."

Wij spreken af dat ik op zoek ga naar nog meer neutronentellers die op enige afstand kunnen worden uitgelezen, voor morgenmiddag 1 uur wanneer Aart z'n groep weer op het lab zal zijn.

Wij zijn vanavond naar een van de promovendi wezen luisteren die cello speelde in de Kleine Zaal. Het was heel mooi. Ik heb mijn jas nog aan en ga meteen even kijken op het lab. Het is er uitgestorven. Het lijkt net of de neutronenbom is afgegaan. Uit het boek bij de receptie blijkt dat er zeker 30 mensen in het gebouw waren toen het koude-fusie-experiment aanstond.

Op een originele manier: in een vacuumkamer wordt een plaatje titaan beschoten met een enorme stroom deuterium van 1 Ampère bij 100 Volt. Het apparaat is door Ron van Os gebouwd ten behoeve van het conventionele fusieonderzoek, waarop hij in mei zal promoveren. Het apparaat is dus beschikbaar voor iets nieuws en daar maakt hij samen met zijn opvolger dankbaar gebruik van. Zouden de ideeën van Fleischmann, Pons en Jones dan toch waar zijn? Ik kan het mij nog steeds niet voorstellen, maar de neutronenteller bij het apparaat staat op 371.

Bij onze buren, de kernfysici, zijn de experimenten nog in volle gang en ik vraag om neutronentellers. "Voor koude fusie zeker", zeggen ze lachend. Als ik om half twee in bed stap hoor ik: "Hebben ze koude fusie gemeten?" "Het is niet te geloven, maar er zijn echt neutronen", zeg ik, en probeer toch te slapen.

Zaterdag 22 april. Om 1 uur is de hele ploeg present. Een provisorisch bedieningspaneel wordt achter een betonnen muur opgesteld 10 meter van het apparaat. Daar kunnen de neutronentellers worden uitgelezen, behalve één die ze via een videocamera in de gaten houden. Er is een potmeter waarmee de deuteriumstroom wordt ingesteld, en de noodknop die de computergestuurde opstelling kan uitschakelen. Op tafel ligt de wetenschapsbijlage van de *Volkskrant* met een groot artikel over koude fusie, en een beetje meewarige constatering dat er in Nederland nog steeds geen neutronen zijn gedetecteerd. Wacht maar, zegt Ron van Os, over een kwartiertje zal je eens zien. Terwijl ik op mijn kamer nog wat probeer te werken, merkt een collega die langs komt op dat het net lijkt op een bevalling. Het kind heeft zich al aangekondigd, de weeën zijn er maar je kunt niets doen alleen maar wachten.

We hebben het lab afgesloten. Wie erin wil moet eerst opbellen naar de fusieopstelling. Daar trekt een plotter kaarsrechte lijnen over het papier ten teken dat er geen neutronen gemeten worden. In de bibliotheek vind ik een oude publikatie uit 1948, waarin de fusiereaktie gemeten is door ijs van zwaar water te beschieten met deuterium. Beneden een bepaalde versnelspanning werd helemaal geen signaal meer gemeten en wij zitten nog eens een factor 100 lager. Vlak achter dit artikel staat een publikatie van Edward Teller, de Sacharov van de USA, die de fusiereaktie berekend heeft. Zou hij het al 40 jaar mis hebben? Ook vind ik verscheidene artikelen over deuterium-implantatie in metalen, waarin concentraties van meer dan 50% worden gehaald. Zouden die mensen nooit een neutronenteller in de buurt hebben gehad? Ik kan het me niet voorstellen, vooral niet omdat dit soort onderzoek gedaan is op de grote bommenlaboratoria.

Bij de opstelling wordt nog niks gemeten, maar ik moet gewoon geduld hebben, zeggen ze, want gisteren sloeg de neutronenteller pas op hol toen het titaan verzadigd was van deuterium zodat het aan de achterkant eruit kwam.

Ik ga even naar huis om te kijken of er nog geholpen moet worden bij de voorbereidingen van het feest van onze jongste zoon. Alles is al gedaan, de tussenverdieping is omgetoverd in een disco, en ik keer snel terug naar het lab. Bij de voordeur onderdruk ik de neiging de versperring te negeren en gelijk door te lopen.

Ik bel naar de opstelling en zeg: "Ik



kan zeker wel doorlopen, hè?" "Ja maar er is wel signaal!"

Ongelovig voeg ik me bij de groep waar de plotter nu zenuwachtig staat te trillen en langzaam maar zeker omhoog klimt. Elke minuut loopt een van de medewerkers om de muur en leest de derde neutronenteller af. De videocamera is ermee opgehouden. Storing. Waar wij zitten is het stralingsniveau nul, maar bij het apparaat niet en op de neutronenteller die elke minuut wordt afgelezen klimt het signaal flink omhoog. Het gaat al gauw zo snel dat iedereen opgewonden wordt en alleen Aart nog achter de muur vandaan durft komen om de meter af te lezen. Als hij meer dan 30.000 counts telt wordt het hem te gortig, en drukt hij de noodknop in. Onmiddellijk stopt het apparaat en zijn ook alle neutronentellers stil.

Na het eten spreek ik nog even met de groep. We zijn er toch niet gerust op dat die videocamera zoveel last heeft van storing, terwijl de tv-monitor het gewoon doet en Hilversum goed kan ontvangen. Zou de storing uit ons apparaat komen en ook de neutronentellers op hol brengen? Ik zeg: "Als jullie nog een meting doen met waterstof en de neutronentellers blijven stil dan heb je al één bewijs meer dan Fleischmann en Jones".

Ron van Os is het daar niet mee eens. Hij wijst erop dat de deuteriumontlading toch een ander stoorsignaal kan geven dan een waterstofontlading in zijn apparaat.

Ik moet naar huis. Het stroomt vol met veertig jongens en meisjes voor het feest. Ook komen mijn familie en vrienden een borrel drinken, nog voor mijn verjaardag. Terwijl boven het feest van de scholieren in volle gang is besef ik hechte vriendschapsbanden gesmeed te hebben in mijn studententijd, niet op school.

Om een uur of elf knijp ik er even tussen uit en bel het lab. Aart Kleyn meldt dat hij er geen vertrouwen meer in heeft. Ze hebben de videocamera weer aan de praat gekregen en het experiment nog eens over gedaan. Toen de neutronentellers weer begonnen uit te slaan, viel ook de videocamera weer uit. Dus hebben we te maken met elektronische storing en waarschijnlijk niet met neutronen. Als om 2 uur de laatste gasten ons huis verlaten, heb ik geen puf meer om nog naar het lab te gaan. De groep zal er toch niet meer zijn. Het was immers alleen maar storing geen neutronen.

Zondag 23 april. Met alle buitenlandse gasten van het lab naar de bloemendagen in Limmen geweest. De mozaïeken en de bollenvelden zijn altijd een succes. Het lijkt me geweldig als bollenboer 's morgens de gordijnen open te doen en plotseling al het land in plaats van groen in knalgeel of vuurrood te zien staan. Daar kan Christo niet tegenop.

Bij thuiskomst belt Aart Kleyn op. Ze hebben zaterdagnacht tot 3 uur gemeten en alle resultaten reproduceren keurig. Daarna is het deuterium vervangen door waterstof en na meer dan een uur werd nog steeds geen enkel neutron gemeten. Het ziet er dus heel goed uit met die koude fusie. Gek dat die videocamera zo vreemd doet tijdens de deuteriumexperimenten. Morgen verder.

Maandag 24 april. Bij het apparaat liggen de metingen van zaterdagnacht. Het neutronensignaal van 3 detectoren loopt keurig mee met de deuteriumstroom. Boven de grafiek staat met grote letters 'CONTROLLED COLD FUSION'. Ik leg deze metingen op het kopieerapparaat, stop ze in mijn tas en ga naar het FOM-bureau in Utrecht. Met onze beheerder heb ik afgesproken dat ik hem zal vervangen bij de vergadering van de overleggroep personeelszaken. Hij rust uit van al het werk voor het jazz-weekend in Schagen. De sfeer in de overleggroep bij FOM is goed. Wetenschapsbeleid is in de eerste plaats personeelsbeleid en dat is bij deze mensen in goede handen. Aan het eind van de vergadering branden de metingen in mijn tas. Wat zou ik graag zeggen: "Kijk eens mensen wat we hier hebben: *controlled cold fusion*". Ik houd me in en ga terug naar het lab voor een werkbespreking met de koude-fusie-mensen.

Op het bord wordt een lijst met 13 punten gemaakt van alle dingen die we nog niet vertrouwen, of die op een of andere manier verder onderzocht moeten worden. Het belangrijkste punt is de videocamera. Aart zegt: "Als die er niet was geweest, dan zouden we hier met champagne zitten".

De taken worden verdeeld. Er worden videocamera's gehuurd, tv-monitors en een dieselaggregaat, zodat alle neutronentellers en de videoapparatuur storingsvrij en losgekoppeld van het lichtnet kunnen worden opgesteld. Ik zorg voor meer deuterium, dat ik nog voor mijn dispuutsavond in Leiden kan ophalen. De experimenten kunnen pas weer om half twaalf worden gestart. Voor die tijd is de Nederlandse Vereniging voor Fijnmechanische Techniek op bezoek om te zien hoe wij *computer aided engineering* doen. Men is vooral geïnteresseerd in de verbinding tussen de computer van de ontwerpafdeling en de computergestuurde machines in de werkplaats. Als iedereen het lab verlaten heeft, wordt het koude-fusie-experiment weer aangezet.

De neutronentellers zijn nog eens geijkt en van de videocamera's weten we inmiddels dat ze niet gevoelig zijn voor neutronen. Nu de neutronentellers gevoed worden uit het dieselaggregaat dat buiten staat, zijn ze veel rustiger. Ieder uur ga ik kijken, maar de neutronentellers blijven stil en de videocamera's hebben geen last van storing.

Langzaam wordt duidelijk dat wij het hele weekend alleen maar storingen hebben zitten meten en helemaal geen neutronen. Om drie uur 's ochtends weten we ook waar die elektronische storing precies vandaan komt en sluiten het experiment af.

Als ik om half vier thuis kom hoor ik: "En is er koude fusie?"

Ik antwoord: "Nee, de videocamera heeft ons gered. Door meten tot weten, door testen verpesten".

Fusie in een pot

Ze gebruikten apparatuur die middelbare scholieren in de scheikundeles gebruiken om water te scheiden in waterstof en zuurstof - een glazen pot voor het water en twee draden verbonden met een accu. Maar Stanley Pons van de universiteit van Utah en zijn voormalige hoogleraar elektrochemie Martin Fleischmann van de universiteit van het Engelse Southampton, zeggen het huiskamerexperiment te hebben omgebouwd tot 's werelds eerste kernfusiereactor. Eind maart maakten de twee bekend dat hun simpele apparaat het einde zou kunnen betekenen van tientallen jaren zoeken naar mogelijkheden de reactie te beteugelen waaraan de zon haar kracht ontleend.

Zo'n ongebruikelijke aankondiging van twee scheikundigen riep hoogst sceptische reacties op van natuurkundigen die al meer dan veertig jaar proberen een fusiereactor te ontwikkelen.

Pons en Fleischmann raken daardoor niet ontmoedigd. Ook zij dachten aanvankelijk dat de kans op succes één op een miljard was. Aangezien ze er van uitgingen dat niemand geld zou ophoesten, betaalden ze zelf de experimenten en gaven in vijf jaar bijna honderdduizend dollar uit.

EXPERIMENT

Wel hebben Pons en Fleischmann de aanpassingen aan het gangbare electrolyse-experiment van de middelbare school onthuld: in plaats van gewoon water gebruiken ze 'zwaar water', dat ook de brandstof vormt van sommige kernreactoren. Het is zwaar omdat de waterstofatomen zijn vervangen door deuterium, een vorm van waterstof met in de kern naast het gebruikelijke proton ook nog een neutron. De scheikundigen vervingen ook de gewone elektrodes door exotischer geleiders: een kathode van platinumdraad die rond een palladiumstaaf-anode gewikkeld was.

Verbinding hiervan met een accu splitst het zware water in deuterium en zuurstof. Omdat de deuteriumionen die dan ontstaan positief zijn, trekken ze naar de palladiumstaaf, waar ze worden geabsorbeerd. Na enkele uren, zeggen Fleischmann en Pons, raakt de kristalstructuur van het palladium zo vol met deuteriumionen dat deze samensmelten. Op deze manier komt er warmte vrij - veel meer energie dan er als elektrische stroom werd ingevoerd.

Fleischmann en Pons raakten er pas van overtuigd dat er fusie optrad, toen ze probeerden de elektrische stroom door de palladiumdraad op te voeren. Het palladium smolt onmiddellijk; daarvoor is een temperatuur nodig van 1650 graden Celsius. Het produceren van zoveel warmte met de spanning van een accu, zegt Pons, 'kan alleen verklaard worden uit nucleaire reacties.'

Als Pons en Fleischmann werkelijk fusie tot stand hebben gebracht, zijn ze dank verschuldigd aan F.C. Frank. Hij legde in 1947 de basis voor 'koude fusie' aan de Universiteit van Bristol. Van hem is de theorie dat als elektronen in waterstofatomen vervangen worden door muons (subatomaire deeltjes), de onderling afstotende krachten zodanig zouden afnemen dat de atomen kunnen samenklonteren; dan zou er fusie kunnen plaatsvinden bij lage temperaturen. In andere gevallen is voor fusie een enorme hitte nodig om de ongelooflijk sterke afstotende kracht te overwinnen die de atoomkernen van elkaar houdt. Bovendien leek een aanhoudende kettingreactie bij muons mogelijk omdat ze bij fusie zouden worden uitgestoten, om daarna aanvullende reacties te veroorzaken.

Midden jaren vijftig ging deze droom uit als een nachtkaars omdat de muon een extreem korte levensduur heeft - twee miljoenste seconde - voordat hij uiteenvalt. Natuurkundigen berekenden dat, wil koude fusie lukken, muons het veel langer moesten volhouden.

KRISTALSTRUCTUUR METALEN

Maar in 1977 kwamen er nieuwe aanwijzingen dat muons sneller hun werk konden doen en daarmee stond de deur naar koude fusie weer op een kier. Sindsdien zwoegt natuurkundige Steven E. Jones aan de Brigham Young University voort, in betrekkelijke obscuriteit en met armeluisbudgetten. Omdat muons alleen kunnen worden geproduceerd in kostbare deeltjesversnellers, besloot Jones andere mogelijkheden te onderzoeken, zoals het samenpersen van deuterium-ionen in de kristalstructuur van metalen. 'Dat was veelbelovend omdat het een nieuwe manier aangaf om nucleaire fusie tot stand te brengen, hoewel er geen sterke aanwijzingen waren dat die ook bruikbaar was,' zegt Ryszard Gajewski van het Ministerie van Energie, die Jones' onderzoek subsidieerde.

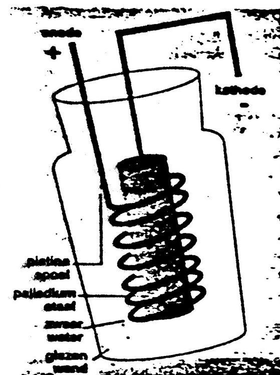
Uit het weinige dat Jones loslaat wordt duidelijk dat ook hij fusie in metaalkristallen heeft ontdekt, hoewel de hoeveelheid energie die dat opleverde veel kleiner is dan waarvan Pons en Fleischmann melding maken.

Wat de meeste wetenschappers met stomheid slaat is de bewering van Pons en Fleischmann dat hun ontwerp voor iedere verbruikte watt vier watt aan warmte-energie opleverde. 'Als ik maar een beetje verstand heb van natuurkunde, kloppen die resultaten niet,' verklaart Robert L. McCrory, directeur van het Laboratory for Laser Energetics aan de Universiteit van Rochester.

Het Ministerie van Energie is zeker onder de indruk van de experimenten van Pons en Fleischman: de komende anderhalf jaar is er 322.000 dollar subsidie voor het onderzoek beschikbaar.

Slechts weinig anderen zijn zo onverbloemd optimistisch. 'Als ze gelijk hebben zou dat veel van de wereldproblemen oplossen,' zegt Park van de Universiteit van Maryland. 'Maar ik zou er mijn huis niet om verwedden.' ■

Otis Port/John Carey
Business Week, 10 april 1989
vertaling: Evert Vermeer



Onder invloed van elektrische stroom worden ionen uit het zware water in een enorme dichtheid samengepakt rond de palladium staaf, waar, aldus de onderzoekers, fusie optreedt. Tekening Frisse Wind

Auto op kernfusie

Op de zoutvlaktes van Utah in de V.S. is de eerste auto getest die rijdt op kernfusie. Men noemde het experiment gedeeltelijk geslaagd. 'Naar het oosten rijdt hij wel, naar het westen nog niet', aldus prof. Evans van het onderzoeksteam. Geografen van de Verenigde Oliemaatschappijen beweren echter dat de zoutvlaktes ter plekke iets aflopen naar het oosten en verklaren zo het vreemde gedrag van de kernfusie-auto.
Wanneer u koopt bij de NTU, loopt het altijd goed af. Een voorbeeld?
Joker, een nylon space tapijt op foam rug, in grijs, antraciet, beige en blauw, 400cm breed. Normaal 89,-, deze week 59,- (excl. leggen).

Stadsblad (3-5-1989)